

Beiträge zum Stuttgarter Maschinenbau

Steffen Braun

Mustersprache für Innovationsdiffusion in urbanen Systemen



stuttgarter
maschinenbau
interdisziplinär und vielfältig



Universität Stuttgart

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT



Universität Stuttgart



Beiträge zum Stuttgarter Maschinenbau

Band 24

Herausgeber: Prof. Dr. Katharina Hölzle, MBA
Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Steffen Braun

**Mustersprache für Innovationsdiffusion
in urbanen Systemen**

Fraunhofer Verlag

Kontaktadresse:

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement (IAT)
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
info@iat.uni-stuttgart.de
<https://www.iat.uni-stuttgart.de/>

Titelbild: © Steffen Braun

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

ISSN: 2750-655X

ISBN: 978-3-8396-1989-6

D 93

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2023

Druck und Weiterverarbeitung: Fraunhofer-Druckerei, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

© Fraunhofer Verlag, 2024

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
verlag@fraunhofer.de
www.verlag.fraunhofer.de

als rechtlich nicht selbständige Einheit der

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e.V.

Hansastraße 27 c
80686 München
www.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

Geleitwort

Die deutsche Wirtschaft ist weltweit bekannt für ihren Anlagen- und Maschinenbau. Dabei ist die Universität Stuttgart mit ihren beiden Maschinenbaufakultäten – unter deren Dach sich 42 Institute befinden – die größte universitäre Einrichtung für den Maschinenbau in Deutschland. Unsere wissenschaftliche Exzellenz stützt sich dabei auf unsere zahlreichen Promovierenden und ihre hervorragenden Dissertationen. Viele dieser Dissertationen entstehen in lokaler, nationaler und internationaler Zusammenarbeit mit renommierten Universitäten und außeruniversitären Einrichtungen wie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft. Dabei reicht das inhaltliche Spektrum der Dissertationen von Biotechnik, Energietechnik, Fahrzeugtechnik, Kybernetik und Systemtechnik, Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Produktionstechnik bis hin zur Verfahrenstechnik und stützt sich auf die sechs Forschungsschwerpunkte Advanced Systems Engineering, Autonome Produktion, Software-Defined Manufacturing, Resiliente Versorgung, Biointelligenz und Dekarbonisierung der Industrie. Die Ergebnisse aus den Dissertationen zielen darauf ab, kunden-, produkt-, prozess- und mitarbeiterorientierte Technologie zielgerichtet und zeitnah zu entwickeln und anzuwenden.

Viele der im Rahmen der Forschungsarbeiten an den Instituten entstandenen Dissertationen werden in diesen »Beiträgen zum Stuttgarter Maschinenbau« veröffentlicht. Die beiden Fakultäten des Stuttgarter Maschinenbaus wünschen den Promovierenden, dass ihre Dissertationen aus dem Bereich des Maschinenbaus in der breiten Fachwelt als maßgebliche Beiträge wahrgenommen werden und so den Wissensstand auf ein neues Niveau heben.

Für den Stuttgarter Maschinenbau



Stefan Weihe



Oliver Riedel

Vorwort der Herausgeber

Grundlage für gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Fortschritt ist Innovation. Diese entsteht aus dem Zusammenwirken von Technologie, Markt und Mensch. Die Betrachtung dieser drei Faktoren erfordert eine transdisziplinäre Zusammenarbeit und Integration unterschiedlicher Perspektiven und Fähigkeiten.

Die Forschung am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart und dem kooperierenden Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO zeichnet sich durch diese transdisziplinäre und integrierende Sichtweise aus. Hier wird Forschung mit der Überzeugung betrieben, für Fragestellungen aus der Praxis wissenschaftliche Lösungen zu finden und diese in die Anwendung zu bringen. Auf Basis eines gemeinsamen Verständnisses, welches den Menschen in den Mittelpunkt der Betrachtungen stellt, wird der Wandel von Organisationen und Gesellschaften systemisch untersucht. Darauf aufbauend werden empirisch fundierte Modelle und Lösungsansätze abgeleitet.

Dieser Herausforderung stellen sich die Promovierenden der Institute IAT und IAO und berichten ihre Erkenntnisse vorliegend in den »Beiträgen zum Stuttgarter Maschinenbau«. Mit dieser aktuellen Reihe wird die Arbeit der früheren Institutsleiter an IAT und IAO, Hans-Jörg Bullinger und Dieter Spath, zusammen mit Wilhelm Bauer fortgeführt und auf die Zukunft ausgerichtet. Wir Herausgeber wünschen den Autorinnen und Autoren, dass ihre Dissertationen aus den Bereichen Arbeitswissenschaft, Technologie- und Innovationsmanagement in der breiten Fachwelt als wichtige und maßgebliche Beiträge wahrgenommen werden und so den Wissensstand auf ein neues Niveau heben.



Univ.-Prof. Dr. Katharina Hölzle, MBA



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Mustersprache für Innovationsdiffusion in urbanen Systemen

Urban Innovation Pattern Language [uiPL]

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte
Abhandlung

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Steffen Alexander Braun
aus Tuttlingen

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Nönnig

Tag der mündlichen Prüfung: 5. September 2023

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart

2024

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand begleitend zu meiner Forschungstätigkeit am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart im Kontext von Innovations- und Technologiemanagement in Stadtssystemen. Erste Gedanken hierzu resultierten bereits früh aus dem Morgenstadt-Diskurs im Rahmen der Hightech-Strategie 2020, internationalen Smart-City-Entwicklungen und der aufkommenden Frage nach dem Zusammenhang von Stadtentwicklung und technologischem Fortschritt.

Rückblickend bin ich sehr dankbar, dass ich von Beginn meiner Fraunhofer-Laufbahn an den Aufbau der Fraunhofer-Initiative Morgenstadt begleiten konnte, in der seither umfassendes Wissen, mehrere Ausgründungen und zahlreiche angewandte Forschungsprojekte in über 100 Städten in Deutschland, Europa und weltweit entstanden sind. Zeitgleich mit dem Aufbau der eigenen Forschungsgruppe ergab sich die Möglichkeit zur Aufnahme im Internationalen Doktorandenkolleg «Forschungslabor Raum» mit sechs Universitäten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Hier gilt mein Dank an Prof. Dr. Walter Schönwandt und weitere Experten wie Prof. Dr. Michael Koch, Prof. Dr. Udo Weilacher sowie damalige Mitstreiter.

Während dieser Zeit entstanden wegweisende innovationspolitische Entwicklungen in Deutschland wie die Nationale Plattform Zukunftsstadt der Bundesregierung, die ich als Forschungsreferent der Geschäftsstelle zusammen mit inspirierenden Kollegen wie Dr. Jens Libbe, Prof. Dr. Michael Prytula oder Dr. Jens Neuhüttler begleiten konnte. Der damalige Diskurs von Wissenschaft, Politik und Praxis drehte sich bereits um die Frage, die den Kern dieser Dissertation und eine Art Prämisse für die aktuelle Smart-City- und Resilienzdiskussion darstellt: Wie können Städte als komplexe Systeme innovationsoffener und wandlungsfähiger für zukünftige Herausforderungen werden?

Besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel, der mich an der Schnittstelle von Stadtssystemforschung und Innovationsmanagement vorbehaltlos betreute und mir wertvolle Impulse für die datengestützte Analyse urbaner Innovationsprozesse gab. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Nönnig danke ich für die freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Mitberichts und die konstruktive Durchsicht der Arbeit. Hervorzuheben sind im Verlauf ebenso weitere Kollegen wie Prof. Dr. Wilhelm Bauer, Dr. Bernd Bienzeisler, Nora Fanderl, Rudolf Fischer, Dr. Florian Herrmann, Dr. Constanze Heydkamp, Mike Letzgus, Dr. Alanus von Radecki und Isabelle Stumpf, mit denen der fachliche Austausch stets eine wertvolle Bereicherung war und ist.

Nicht zuletzt danke ich von ganzem Herzen meiner Frau Andrea, die seit über zwanzig Jahren der Fels in meiner Brandung ist und mir für mein Forschungsinteresse viel Geduld, Verständnis und Rückhalt entgegenbrachte - ebenso meinen Kindern Clara, Julian und Leonard als mögliche nächste Forschergeneration für die Städte der Zukunft, meinen Eltern Anne und Reinhold sowie meiner Schwiegermutter Carmen.

Abschließend möchte ich diejenigen 'Riesen' würdigen, auf deren Schultern wir als 'Zwerge' heute im 21. Jahrhundert stehen. Wo wäre unsere menschliche Spezies ohne die wissenschaftlichen Durchbrüche, Erkenntnisse und Erfindungen unserer Vorfahren, die ein gigantisches Geschenk an unsere Generation darstellen und die es aktiv zu gestalten gilt - besonders wenn wir einer urbanen Zukunft entgegenschauen, in der in wenigen Jahrzehnten weltweit doppelt so viele Menschen in Städten leben werden wie heute. Einen besonderen Bezug habe ich seit meinem Architekturstudium zu Richard Buckminster Fuller (1895 - 1983), einem großen Architekten, Systemdenker und Visionär des vergangenen Jahrhunderts, dessen fünfzig Jahre altes Zitat aktuell kaum treffender sein könnte: *'Die Zukunft ist eine Wahl zwischen Utopie und Oblivion. Ob es die perfekte Welt oder unser Untergang sein wird, wird bis zum letzten Moment ein Kopf-an-Kopf-Rennen sein. Die Menschheit befindet sich 'in der letzten Runde', ob sie sich für den Fortbestand im Universum qualifiziert oder nicht.'*

Ich hoffe mit meiner Arbeit einen kleinen Beitrag aus der angewandten Forschung zu leisten, dass Städte und ihre Zukunftsperspektiven eine entscheidende Rolle in diesem Rennen spielen können.

Stuttgart, 18. November 2023
Steffen Braun

Kurzfassung

Der technologische Fortschritt in urbanen Systemen als zentrale Lebens- und Wirtschaftsräume unserer Gesellschaft hat in den letzten Jahren zunehmende Relevanz erfahren. Angesichts der anhaltenden Urbanisierung bis Ende des Jahrhunderts auf prognostizierte 9,2 Milliarden Menschen in Städten wird sich das bestehende globale Stadtsystem mitsamt aller zugrunde liegender Infrastruktur mehr als verdoppeln - bei heutigen Paradigmen. Gleichzeitig bestehen mit den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen (SDG) und der Begrenzung einer globalen Erwärmung völlig neue Anforderungen und Rahmenbedingungen zur sozio-technischen Gestaltung der urbanen Transformation.

In der Fachliteratur findet sich eine deutliche Forschungslücke in der Zusammenführung und systematischen Integration von Methoden des Innovations- und Technologiemanagement für eine nachhaltige und zukunftsgerichtete Stadtentwicklung. Obwohl spätestens seit der Industrialisierung das Aufkommen (Pilotierung) und Verbreiten (Diffusion) von technischen Innovationen eine zunehmende Rolle in der Raumentwicklung gespielt haben, finden sich bis dato kaum Ansätze, die einen systematischen Umgang oder eine strategische Vorausschau mit zukünftigen Technologiepotenzialen in der Praxis ermöglichen. Angesichts der langfristigen Planungs- und Umsetzungshorizonte urbaner Systeme von mehreren Jahren oder sogar Jahrzehnten - beispielsweise im Bereich von Verkehr, Energie, Infrastruktur oder Umwelt - und dem begrenzten Zeithorizont für die Klimaneutralität bis spätestens 2045 ist der Faktor Zeit eine entscheidende Größe. Vor diesem Hintergrund kann schnelle Adaption, Technologieoffenheit sowie Co-Innovation in Stadtsystemen einen essentiellen Beitrag leisten.

Das Dissertationsvorhaben verfolgt die Systematisierung von kooperativen Innovations- und Diffusionsprozessen im Kontext der urbanen Transformation und zukunftsverträglicher Stadtentwicklung als globales Handlungsfeld. Mit qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden der Wissensentdeckung in Datenbanken werden bisherige Co-Innovationsprozesse städtischer Systeme explorativ analysiert, wiederkehrende Merkmale als Muster identifiziert und wissenschaftlich validiert. Zielsetzung ist die prototypische Entwicklung und Validierung einer ersten universellen Mustersprache entlang von Wissensstrukturmodellen aus dem Software Engineering, um identifizierte innovationsförderliche Merkmale zu organisieren, diese in einer verständlichen Form festzuhalten und dadurch die Kooperation zwischen Beteiligten zur Gestaltung von strategischem Innovationsmanagement in urbanen Systemen zu fördern - eine gemeinsame Sprache für Forschung, Unternehmen, Politik und Verwaltung.

Stichwörter: *Co-Evolution, Stadtsystem, urbane Innovation, Smart City, Mustersprache*

Abstract

Technological progress in urban systems as predominant habitats and economic domains of our society has become increasingly relevant in recent years. With ongoing urbanization to a projected 9.2 billion people in cities by the end of the century, the existing global urban system, including all underlying infrastructure, is expected to double in size - within today's unsustainable paradigms. At the same time, there are completely new requirements and framework conditions for the socio-technical governance of this urban transformation with the sustainable development goals (SDG) of the United Nations and the limitation of global warming.

In specialist literature, there is a clear research gap in combining and systematically integrating innovation and technology management methods in sustainable and future-oriented urban evolution. Although the emergence and diffusion of technical innovations have played an increasing role in the urban system since early industrialization, there are still hardly practical approaches that enable a systematic handling or a strategic foresight of future technological potentials. In contrast to the hitherto long-term planning and implementation horizons in urban systems of several years or even decades - for example in the sectors of transport, energy, infrastructure, or environment - and the limited time horizon for climate neutrality by 2045 at the latest, the time factor is decisive. Against this background, open innovation, rapid adoption, technology openness, and co-innovation in urban systems can make an essential contribution.

The dissertation project pursues the systematization of cooperative innovation and diffusion processes in the context of urban transformation and sustainable urban development from a global perspective. With qualitative and quantitative research methods of knowledge discovery in databases, previous co-innovation processes of urban systems are analyzed exploratively, and recurring characteristics as patterns are identified and validated. The objective is the prototypical development and validation of a first universal pattern language set based on the theories in Software Engineering to organize identified solutions, operationalize them in an understandable form and thereby strengthen cooperations between those involved in the application of strategic innovation management in urban systems - a common language between science, industry, politics, and public authorities.

Keywords: *Coevolution, urban System, urban Innovation, Smart City, Pattern Language*

Abbildungsverzeichnis

1.1	Globale Urbanisierung von 1950 bis 2050 mit Kippunkt zwischen Stadt und Land im Jahr 2009 [UN, 2018]	1
1.2	Historische Fallbeispiele für Städte als räumliche Innovationssysteme . .	3
1.3	Forschungsprozess 'Morgenstadt: City Insights' von Schlüsselsektoren bis Modellbildung [Bauer, 2013]	6
1.4	Aufbau von Forschungsrahmen und -prozess der Dissertation	10
2.1	Relevante Forschungsgebiete der Literaturanalyse	12
2.2	Ausschnitt aus 'Das System der zentralen Orte für Süddeutschland'; die horizontale Verbindung beschreibt Straßburg, Stuttgart und München [Christaller, 1968]	14
2.3	Tagespfad eines Individuums im raumzeitlichen Koordinatensystem [Lenn- torp, 1978]	15
2.4	Bestimmung der wichtigsten urbanen Subsysteme als relevante Treiber für nachhaltige Städte [Bauer, 2012]	17
2.5	'Der menschliche Fußabdruck' auf der Erdoberfläche (LWP-3, 2018) auf Basis kumulativer Einflussfaktoren [SEDAC, 2018]	19
2.6	Modell der Multi-Level-Perspektive (MLP) für sozio-technische Transition [Geels, 2005b]	26
2.7	Barcelona City Protocol als 'urbane Anatomie' mit den Ebenen Struktur (I), Interaktion (II) und Gesellschaft (III) [Westraadt, 2019]	36
2.8	Erweitertes V-Modell für MBSE [Eigner, 2021]	37
2.9	Architektonische Prinzipien für Ganzheitlichkeit [Alexander, 2013] . . .	39
2.10	Entwurfsmuster in Klassen und Objekten [Gamma, 2004]	42
2.11	Business Model Innovation Map [Csik, 2014]	43
2.12	Evolution von Mustersprachen bis zur 3. Generation [Iba, 2015]	46
2.13	Muster als Verbindungselement zwischen Erfahrung (Stimuli), Spuren (Traces) und Kognition (Concepts) [Finidori, 2018]	48
2.14	Übersicht der Literaturanalyse und gewonnene Erkenntnisse für den Forschungsprozess	49
3.1	Beschreibung der wesentlichen Anforderungsfelder für Forschungsprozess zu musterbasierter Wissensgenerierung	52
3.2	CRISP-DM Modell als 'Cross Industry Standard Process for Data Mining' [Cleve, 2016]	56

3.3	Urban Innovation Pattern Mining (UIPM) als methodischer Forschungsansatz mit zwei verschränkten Prozesszyklen (PK ₄ und PK ₅)	65
4.1	Ansatz für Data Mining (Zyklus I) - Grundlage des UIPM	69
4.2	Analogie der Multilevel-Perspektive zur Strukturierung urbaner Subsysteme [Geels, 2007]	72
4.3	Übersicht der zeitlichen Verteilung von 469 Innovationen in 13 Stadtsystemen zwischen 1660 bis 2020	73
4.4	Primäre Kriterien zur Definition 'urbaner (System)Innovation'	80
4.5	Um sekundäre (D.1-D.4) Kriterien ergänzte Definition einer urbanen (System-)Innovation (UI)	85
4.6	Funktionsbaum mit Beschreibungsmerkmalen der UI 'U-Bahn'	86
4.7	Funktionsbaum mit Beschreibung der UI 'Nachtbürgermeister'	87
4.8	Vorgehensweise von heterogenen Datenquellen zu strukturierten Datenbanken DB ₁₋₃	88
4.9	Histogramm zur zeitlichen Häufung identifizierter Innovationen, N = 469	90
4.10	Zuordnung der Innovationen zu einzelnen Stadtsystemen, N = 469 . . .	91
4.11	indikative Zuordnung nach Innovationstypen	91
4.12	Weltweite räumliche Verteilung erfasster Innovationen, N = 469	92
4.13	Reduktion der Datenbank DB ₁ nach iterativer Anwendung der Prüfkriterien auf 135 urbane Innovationen (Basis für DB ₂)	93
4.14	Häufigkeit der Datenpunkte je UI (N=135)	94
4.15	∅-Datenverfügbarkeit je Innovation und Zeitintervall	95
4.16	zeitliche Verteilung der UI nach Zeitintervallen (N = 135)	96
4.17	Räumliche Verteilung und Anzahl Datenpunkte je Stadt	97
4.18	Datenverfügbarkeit für die ersten fünfzig Städte als 'Long-Tail'	97
4.19	Einordnung Fallstudie als Forschungsmethode [Siedentop, 2018]	100
4.20	Auszug DB ₃ als Fallstudien (Steckbriefe) identifizierter Erfolgsfaktoren und Merkmale (Quelle: eigene)	101
4.21	Fallüberprüfung von UI ₁₋₁₃₅ (x-Achse) mit <5 Datenpunkten (y-Achse)	104
4.22	Überprüfung der Fälle von Städten mit <5 Datenpunkten	104
4.23	Überprüfung der UI-Datenpunkte im Zeitintervall	105
4.24	Beispielhafte Visualisierung von 1860 bis 1900 pilotierten UI mit Diffusionsverlauf (Ausschnitt)	106
4.25	Vergleich Korrelationskoeffizient der Datensätze für D ₁₋₅ und D ₁₋₁₀ . . .	108
4.26	Ausprägung der Inputvariable 'Diffusionsreichweite' R über alle UI . . .	108
4.27	Ausprägung der Inputvariable 'Rang Stadtgröße' G ₅ über alle UI (rot als Häufigkeit für Stadtgrößen <10% der Innovator-Stadt)	110
4.28	Zeitliche Innovationszyklen urbaner Innovation entlang der gewählten Koeffizienten (y-Achse logarithmisch)	112
4.29	Diffusionsdauer fünf Zeitintervalle (y-Achse logarithmisch in Jahren) . .	113
4.30	Diffusionsdauer neun Zeitintervalle (y-Achse logarithmisch in Jahren) .	114

4.31	Berechnungsschema UI-Faktor ϕ aus Diffusionsverläufen der 135 UI . . .	115
4.32	Darstellung der intervallskalierten UI-Leistungen von 100 Städten	117
4.33	Visualisierung der UI-Veränderungsraten der TOP40-Städte über Zeit .	118
4.34	Überprüfung des Zusammenhangs von UI-Rate und Kontextfaktoren in Kohorten für TOP30-Städte	120
4.35	Zeitreihenanalyse der TOP6-Städte zwischen Bevölkerungswachstum und Innovationsleistung (für UI ₁₋₃ (gelb) und UI ₁₋₉ (rot))	122
4.36	Workflow der Datenmodellierung und -visualisierung 'Innovationsdiffusion Städte' in der Entwicklungsplattform KNIME	123
4.37	Beispielhafte Innovationsdiffusion zwischen Städten bis 1850 (links) und ab 2000 (rechts)	124
4.38	Visualisierung der Beziehungen zwischen den TOP12-Städten bis D ₅ . .	125
4.39	Urban Innovation Pattern Mining als methodischer Forschungsansatz . .	129
4.40	Iterationsschleifen zur Generierung des vorläufigen Muster-Sets	130
4.41	Iterative Reduktion und Schärfung des prototypischen Muster-Sets . . .	133
5.1	Qualifizierungsprozess bis zur Organisation als Mustersprache - Zyklus II des Urban Innovation Pattern Mining (UIPM)	137
5.2	Überprüfung der Mustervorkommen in 135 UI-Diffusionsverläufen . . .	139
5.3	Häufigkeit (absolut) der einzelnen UI-Muster über Zeitintervalle	141
5.4	Interdependenz-Matrix der Muster-Prototypen zur Koexistenz in Innovationsprozessen (Aktiv-Passiv-Summen)	142
5.5	Ergebnisse der IDA aller UIP (y-Achse mit Aktiv-Passiv-Summe)	143
5.6	Netzwerkanalyse der Muster mittels yEd (Kanten ab 5 Vernetzungen) .	143
5.7	Quotient aus relativer Zentralität und Häufigkeit aller UIP	144
5.8	Einordnung in Prozess der Mustergenerierung [vgl. Iba, 2011]	146
5.9	Beispiel - Experteneinschätzung für Muster 'Backyards and Niches' . . .	149
5.10	Korrelation der Indikatoren 'Ø-Alter' und 'Ø-Stadtgröße' für alle UIP . .	154
5.11	Einführung Organisationsschema für ein Muster - Beispiel PPI	155
5.12	Anordnung der einzelnen 35 Muster entlang ihrer Zentralität als erweiterbare Mustersprache, im Zentrum UIA-Muster als 'Nullpunkt'	157
5.13	Schematischer Prozess für Anwendung der UIPL in konkretem Anwendungsfall (autonomer On-Demand-Shuttle in Stuttgart)	158
5.14	Auslegung des FRI-Musters: moderne vs. nostalgische Gestaltung von Mobilität (Workshop-Diskussion)	159
6.1	Ablaufschema von der Mustergenerierung bis Klassifikation	162
6.2	Veranschaulichung der subjektiven Muster für die Städte London (gelb), München (blau) und New York (rot)	180
7.1	Vergleich zwischen Stadtgrundriss Hamburg um 1840 und Aufbau des menschlichen Gehirns [Terstegge, 2021; Johnson, 2002]	190

Tabellenverzeichnis

2.1	Schematische Übersicht zur Evolution und Differenzierung des Innovationsbegriffs über sozio-ökonomische Phasen bis heute (Quelle: eigene)	29
2.2	Beispiele für Systeminnovationen in der untersuchten Literatur	33
2.3	Übersicht zu generativen Ansätzen für Mustersprachen [nach: Cress, 2015]	47
3.1	Übersicht identifizierter Beispiele für urbane Innovationen in der Literatur	54
4.1	Ausschnitt der Datenbank mit vier frühen Innovationen im Stadtsystem	71
4.2	Ausschnitt Datenbank (5 Städte und 3 UI) mit Zeitstempeln als Rohdaten	98
4.3	Ausschnitt Datenbank mit Sekundärdaten von fünf UI (Auswertung)	99
4.4	Übersicht unterschiedlicher Diffusionsmetriken bis zur 15. Stadt	107
4.5	Beispiele UI und Diffusionsverläufe für fünf Städte mit Indikatoren Zeit und Einwohnerzahl (EW)	109
4.6	Ausschnitt Datenbank zu zeitlichen Koeffizienten ρ_{2-10} für jede UI	111
4.7	Korrelationskoeffizienten R^2 für ρ_{2-10}	112
4.8	Maximale und durchschnittliche Diffusionsdauer ρ_5 über fünf Intervalle	114
4.9	Maximale und durchschnittliche Diffusionsdauer ρ_5 über neun Intervalle	115
4.10	Normierte Betrachtung der Kontextfaktoren von 6 Städtekohorten in Abhängigkeit der UI-Rate (ab dem Jahr 2000)	121
4.11	Pearson-Korrelation der Variablen Wachstumsrate (k_6) und Innovationsleistung ϕ für ausgewählte TOP ₆ -Städte	122
4.12	Übersicht der zentralen Metriken und Erkenntnisse in den Datenbanken	127
5.1	Ergebnisse Muster-Evaluation für Plausibilität, Relevanz t_0 , Relevanz t_{10} , Gestaltbarkeit und Trendverlauf (aus Experten-Survey)	150
5.2	Untersuchung von Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Evaluation	150
5.3	Übersicht der deskriptiven Indikatoren aus der Muster-Evaluation	153
5.4	Untersuchung von Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum der deskriptiven Indikatoren	154

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)
AVF	Autonomes vernetztes Fahren
BAN	Backyards and Niches (UI-Muster)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMI	Business Model Innovation
BRT	Bus Rapid Transit
BUGA	Bundesgartenschau
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAM	Computer-aided Manufacturing
CDO	Chief Digital Officer
CEA	Controlled Environment Agriculture
CIC	Citizen Crowdfunding (UI-Muster)
CIM	Cross-Impact Matrix
Covid19	coronavirus disease 2019 (Coronavirus-Krankheit-2019)
CPS	City Protocol Society
CRISP-DM	Cross-Industry Standard Process - Data Mining
CPO	Choke Point Opportunity (UI-Muster)
CTT	Combine two Technologies (UI-Muster)
DAL	District as Laboratory (UI-Muster)
DB	Datenbank

Abkürzungsverzeichnis

DIN EN ISO	Deutsches Institut für Normung, Europäische Norm und International Organization for Standardization
DM	Data Mining
DSGF	Daseinsgrundfunktion
DWC	Don't waste a good crisis (UI-Muster)
ebd.	ebenda
EIP	Enterprise Innovation Push (UI-Muster)
ERM	Entity Relationship Model
EU-EIP	European Innovation Partnership - EU
etc.	et cetera
ETL	Extraction, Transformation, Loading
EW	Einwohner
FAA	Free access for all (UI-Muster)
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable (Datenprinzip)
FRI	Familiar Reinterpretation (UI-Muster)
FTTH	Fibre-to-the-Home
FUA	functional urban region
GDP	Gross Domestic Product
ggü.	gegenüber
GIS	Geoinformationssystem
GOF	Gang of Four (Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides)
i.d.R.	in der Regel
IAO	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
IBA	Internationale Bauausstellung
ICA	Innovation Culture Agencies (UI-Muster)
IDA	Interdependenzanalyse

IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IoT	Internet of Things
Kap.	Kapitel
KDD	Knowledge Discovery in Databases
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KM	Knowledge Mining
KNIME	Konstanz Information Miner
LAGA	Landesgartenschau
lat.	lateinisch
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
LFI	Legal Framework Idleness (UI-Muster)
LL	Living Lab
LOP	London Powerhouse (UI-Muster)
LSP	Local Science Push (UI-Muster)
LTE	Long Term Evolution (Mobilfunkstandard der 4. Generation)
max.	maximal
MBSE	Model-based Systems Engineering
MDY	Month - Day - Year
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ML	Machine Learning
MLP	Multilevel-Perspektive
MOM	Modular Matryoshka (UI-Muster)
MUI	Missing Urban Interfaces (UI-Muster)
MUS	Munich Shuffle (UI-Muster)
NBS	Nature-based Solutions

Abkürzungsverzeichnis

NSX	New Spatial Expansion (UI-Muster)
NYX	New York Next (UI-Muster)
OLD	Old Legacy Detachment (UI-Muster)
OZO	One Zero Off (UI-Muster)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OMG	Object Management Group (Konsortium zur Entwicklung von herstellerunabhängigen Standards für objektorientierte Programmierung)
PAS	Paradigm Shifting (UI-Muster)
PBeFG	Personenbeförderungsgesetz
PK_x	Prozesskomponente x
PKW	Personenkraftwagen
PDR	Performative De/regulation (UI-Muster)
PLX	Political Leadership Expertise (UI-Muster)
PPI	Public-private Innovation Partnership (UI-Muster)
PPP	Public-private Partnership
PRT	Personal Rapid Transit
PSS	Planning Support System
PTP	Power to the people (UI-Muster)
PV	Photovoltaik
SAE-Lvl	Society of Automotive Engineers - Stufe des automatisierten Fahrens
SCOT	Social construction of Technology
SDG	Sustainable Development Goals
SE	Systems Engineering
SET	Special Event Trigger (UI-Muster)
SFG	San Francisco Gambit (UI-Muster)
SMA	Small Guinea Pig (UI-Muster)

SNA	soziale Netzwerkanalyse
STS	Social Technology Scepticism (UI-Muster)
StVO	Straßenverkehrsordnung
SVP	Short Viable Product (UI-Muster)
SWP	Start With Premium (UI-Muster)
SysML	Systems Modeling Language
TAM	Technology Acceptance Model
TEA	Technology Evolution Anticipation (UI-Muster)
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
THG	Treibhausgas
TRIZ	Teoria reschenija isobretatjelskich sadatsch ('erfinderisches Problemlösen')
TRL	Technology Readiness Level
UEF	User experience first (UI-Muster)
UIA	Urban Innovation Acceleration (UI-Muster)
UI	Urbane Innovationsdiffusion (= Prozess)
UIP	Urban Innovation Pattern (= Muster)
uiPM	Urban Innovation Pattern Mining
uiPL	Urban Innovation Pattern Language
UQI	Urban Quality Improvement (UI-Muster)
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat für Globale Umweltveränderungen
z. B.	zum Beispiel
ZEV	Zero Emission Vehicle

Symbolverzeichnis

Symbol	Beschreibung	Einheit
D_x	Diffusionsintervall einer urbanen Innovation (UI) bis zur Stadt x	-
G_x	relative Stadtgröße (Einwohnerzahl) im Diffusionsverlauf einer urbanen Innovation (UI) auf Rang x	-
R_x	Diffusionsreichweite einer urbanen Innovation (UI) über unterschiedliche Länder (= Regimes) im Intervall $1-x$	-
S_x	Angabe einer bestimmten Stadt zur Bestimmung von G_x	-
R^2	Korrelationskoeffizient (Pearson) als Grad des linearen Zusammenhang zweier intervallskaliertter Variablen	-
Int_x	bestimmtes Zeitintervall der gesamten Stichprobe (in Jahrhunderten)	-
ρ_x	globale Innovationsgeschwindigkeit für das Diffusionsintervall x	-
ϕ	individuelle Innovationsleistung einer Stadt	%
I_x	Anzahl von Nr. x -Innovationen einer Stadt	-
k_1	Bevölkerungsdichte einer Stadt	EW/km ²
k_2	Wirtschaftslage einer Stadt	GDP/EW
k_3	Startupdichte einer Stadt	Startups/EW
k_4	Morphologie einer Stadtstruktur (ϕ -Kantenlänge von Straßennetzen)	-
k_5	Klimabilanz einer Stadt	t CO ₂ /EW
k_6	Bevölkerungswachstum einer Stadt (ggü. dem Referenzjahr 2000)	%
k_7	Einwohnerzahl einer Stadt	EW
k_8	Durchschnittsalter einer Stadtbevölkerung	Jahre
V	Anzahl direkter UI-Beziehungen zwischen Städten	-
N	Anzahl der Datensätze einer Gesamtstichprobe	-
t_x	Relevanz eines Musters zum Zeitpunkt x (ggü. heute in Jahren)	%

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Kurzfassung	iii
Abstract	v
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis	xiii
Symbolverzeichnis	xix
1 Einführung, Zielsetzung und Aufbau	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Problemstellung und Forschungslücke	3
1.3 Einordnung in Fraunhofer-Initiative Morgenstadt	5
1.4 Zielsetzung und relevante Disziplinen	7
1.5 Aufbau der Dissertation	8
2 Literaturanalyse und theoretische Grundlagen	11
2.1 Definition relevanter Forschungsdomänen	11
2.2 System Stadt und Städtesysteme	12
2.2.1 Makro-Level: Globale und nationale Städtesysteme	13
2.2.2 Meso-Level: Stadt als System	15
2.2.3 Mikro-Level: sozio-technische Subsysteme der Stadt	16
2.2.4 Meta-Level: Stadtsysteme im Anthropozän	18
2.3 Vom Innovationsbegriff zur Systeminnovation	20
2.3.1 Zeitliche Evolution des Innovationsbegriffs	21
2.3.2 Innovationsbegriff der I. Generation (politisch-religiös)	21
2.3.3 Innovationsbegriff der II. Generation (technisch-ökonomisch)	22
2.3.4 Innovationsbegriff der III. Generation (sozio-technisch)	24
2.3.5 Innovationsbegriff der IV. Generation (multi-systemisch)	27
2.4 Methoden für urbanes Technologie- und Innovationsmanagement	30
2.4.1 Relevanz von Innovation in der Stadtentwicklung	30
2.4.2 Systeminnovation für sozio-technische Transformation	32

2.4.3	Städte als Reallabore für Systeminnovation	34
2.4.4	Ansätze urbaner und modellbasierter Systemgestaltung	35
2.5	Musterbasiertes Entwerfen und Wissensentdeckung	38
2.5.1	Architektonische Entwurfsmuster	39
2.5.2	Software-Entwurfsmuster	40
2.5.3	Geschäftsmodell- und Innovationsmuster	42
2.5.4	Evolution von Mustersprachen und -entdeckung	46
2.6	Zwischenfazit von Defiziten und Erkenntnissen	49
3	Forschungsansatz 'Urban Innovation Pattern Mining'	51
3.1	Anforderungsanalyse an den Forschungsprozess	51
3.2	Herleitung und Definition urbaner Innovation	53
3.3	Wissensentdeckung in Datenbanken (KDD)	55
3.4	Rahmenbedingungen für exploratives Vorgehen	57
3.4.1	Sampling-Definition	57
3.4.2	Datenerhebung und -analyse	58
3.4.3	Gütekriterien für empirische Forschung	59
3.5	Formulierung forschungsleitender Hypothesen	60
3.6	Skizzierung des Vorgehensmodells UIPM	65
4	Methodenentwicklung und -anwendung	69
4.1	Schritt 0: Aufbau Analyseverständnis	70
4.1.1	Entwicklung einer theoretischen Domänenstruktur	70
4.1.2	Zerlegung in funktionale Stadtsysteme und deren Evolution	71
4.1.3	Selektionskriterien für urbane Innovationen	80
4.1.4	Kriterienüberprüfung anhand von Fallbeispielen	84
4.1.5	Zusammenfassung - Schritt 0	87
4.2	Schritt 1: Konzeption Datenbanken und Datenauswahl	88
4.2.1	Datenverfügbarkeit und Quellenlage	88
4.2.2	Entwicklung 1. Datenbank (DB1-Innovation), N = 469	90
4.2.3	Entwicklung 2. Datenbank (DB2-Diffusion), N = 135	93
4.2.4	Entwicklung 3. Datenbank (DB3-Fallstudien), N = 44	100
4.2.5	Zusammenfassung - Schritt 1	101
4.3	Schritt 2: Datenqualitätsprüfung und -vorbereitung	102
4.3.1	Vorarbeiten und Rahmenbedingungen	102
4.3.2	Datenbereinigung und -überprüfung	103
4.3.3	Feature Engineering (Inputvariablen)	107
4.3.4	Zusammenfassung - Schritt 2	110
4.4	Schritt 3: Datenmodellierung	110
4.4.1	Bestimmung globale UI-Geschwindigkeit ρ	111
4.4.2	Vergleichende Intervallanalysen für ρ_5	113
4.4.3	Bestimmung individueller UI-Faktor ϕ einer Stadt	115

4.4.4	Innovationsdynamik von Städten über Zeit	117
4.4.5	explorative Methoden der Datenmodellierung	119
4.4.6	Zusammenfassung - Schritt 3	125
4.5	Schritt 4: Datenevaluation und -interpretation	126
4.5.1	Überprüfung der Hypothesen A - D	126
4.5.2	Prozessrückblick und Ausgangsbasis für Mustersprache	128
4.5.3	Zusammenfassung - Schritt 4	129
4.6	Schritt 5: Ergebnisdarstellung der qualitativen Mustergenerierung	130
4.6.1	Ableitung erster Muster-Prototypen, N = 41	131
4.6.2	1. Iteration und Reduktion, N = 34	131
4.6.3	2. Iteration und Reduktion, N = 28	132
4.6.4	3. Iteration und Reduktion, N = 26	132
4.7	Zwischenfazit der musterbasierten Wissensentdeckung	134
5	Evaluation und Organisation der Muster-Prototypen	137
5.1	Berücksichtigung kognitiver Verzerrungen	138
5.2	Schritt A: Konfirmatorische Überprüfung in Datenbank	138
5.3	Schritt B: Interdependenzanalyse (IDA)	141
5.4	Schritt C: Quantitative Expertenbefragung	144
5.4.1	Erhebungsdesign und Durchführung	144
5.4.2	Auswertung der Befragungsergebnisse	147
5.5	Schritt D: Ergänzung deskriptiver Indikatoren	151
5.6	Schritt E: Organisation als Mustersprache	155
5.6.1	Qualifizierung eines einzelnen Musters	155
5.6.2	Syntax als offene Mustersprache	156
5.7	Schritt F: Anwendungsfall für autonome On-Demand-Shuttles	158
6	Ergebnisdarstellung als Mustersprache	161
6.1	Einordnung und Herleitung	161
6.1.1	Strukturschema KREATOS	161
6.1.2	schematischer Aufbau einer Musterbeschreibung	163
6.2	Klasse 1: konditionale Muster [K]	164
6.2.1	Special Event Trigger [SET]	164
6.2.2	Don't waste a good crisis [DWC]	164
6.2.3	Performative De/Regulation [PDR]	165
6.2.4	Choke Point Opportunity [CPO]	165
6.2.5	Small Guinea Pig [SMA]	166
6.3	Klasse 2: räumliche Muster [R]	166
6.3.1	Backyards and Niches [BAN]	167
6.3.2	New Spatial Expansion [NSX]	167
6.3.3	District as Laboratory [DAL]	168
6.3.4	Modular Matroschka [MOM]	168

6.3.5	Urban Quality Improvement [UQI]	169
6.4	Klasse 3: relationale Muster [T]	169
6.4.1	Innovation Culture + Agencies [ICA]	169
6.4.2	Citizen Crowdfunding [CIC]	170
6.4.3	Power to the People [PTP]	170
6.4.4	Political Leadership Expertise [PLX]	171
6.4.5	Local Science Push [LSP]	171
6.4.6	Enterprise Innovation Push [EIP]	172
6.5	Klasse 4: evolutionäre Muster [E]	172
6.5.1	Paradigm Shifting [PAS]	173
6.5.2	Technology Evolution Anticipation [TEA]	173
6.5.3	Combine two technologies [CTT]	174
6.5.4	Familiar Re-Interpretation [FRI]	174
6.5.5	Old Legacy Detachment [OLD]	175
6.6	Klasse 5: operationale Muster [O]	175
6.6.1	Start with Premium [SWP]	175
6.6.2	One Zero Off [OZO]	176
6.6.3	User experience first [UEF]	176
6.6.4	Public-Private Innovation Partnership [PPI]	177
6.6.5	Free Access for All [FAA]	177
6.7	Klasse 6: subjektive Muster [S]	178
6.7.1	Urban Innovation Acceleration [UIA]	178
6.7.2	London Powerhouse [LOP]	179
6.7.3	New York Next [NYX]	179
6.7.4	Munich Shuffle [MUS]	179
6.7.5	San Francisco Gambit [SFG]	180
6.8	Klasse 7: Anti-Muster [A]	180
6.8.1	Legal Framework Idleness [LFI]	181
6.8.2	Social Technology Scepticism [STS]	181
6.8.3	Short Viable Product [SVP]	181
6.8.4	Missing Urban Interfaces [MUI]	182
7	Diskussion der Ergebnisse	183
7.1	Einordnung und Relevanz der Arbeit	183
7.2	Diskussion des wissenschaftlichen Beitrags	185
7.3	Reflektion der gewählten Forschungsstrategie	186
7.4	Limitationen und resultierender Forschungsbedarf	188
7.5	Zusammenfassung und Ausblick	189
	Literaturverzeichnis	191

Anhang	209
1	Datenbank DB ₁ - Evolution Stadtsysteme 210
1.1	Tabelle A - Evolution Mobilitätssystem (1662 - 2016) 210
1.2	Tabelle B - Evolution Gebäudesystem (1849 - 2017) 212
1.3	Tabelle C - Evolution Kommunikationssystem (1837 - 2022) . . . 214
1.4	Tabelle D - Evolution Wassersystem (1804 - 2017) 215
1.5	Tabelle E - Evolution Energiesystem (1417 - 2015) 216
1.6	Tabelle F - Evolution Logistiksystem (1853 - 2019) 217
1.7	Tabelle G - Evolution Lebensmittelsystem (1798 - 2015) 218
1.8	Tabelle H - Evolution Freiraumsystem (1637 - 2019) 219
1.9	Tabelle I - Evolution Arbeitssystem (1769 - 2014) 220
1.10	Tabelle J - Evolution Entsorgungssystem (1874 - 2013) 221
1.11	Tabelle K - Evolution Planungssystem (1699 - 2020) 222
1.12	Tabelle L - Evolution Sicherheitssystem (1766 - 2014) 223
1.13	Tabelle M - Evolution Finanzsystem (1762 - 2013) 224
2	Datenbank DB ₂ - Definition urbaner Schlüsselinnovationen 225
3	Datenbank DB ₃ - Liste ergänzender Fallstudien 233
4	Checklisten zu UI-Kriterien (notwendige Bedingungen) 234
5	Tabelle N - Rohdaten für ϕ von Städten 236
6	Tabelle O - aggregierte UI-Leistung ϕ von Städten 239
7	Tabelle P - Kontextvariablen für TOP ₃₀ -Städte (seit 2000) 242
8	Tabelle Q - Diffusionsmetriken für UI 243
9	Tabelle R - Diffusionsverläufe $D_{1-5} \rightarrow$ Städte 246
9.1	Fallbeispiel UI-47: Fahrradinfrastruktur 250
10	Tabelle S - Iterationsstufen 1-3 der Muster-Prototypen 251
11	Tabelle T - Bevölkerungsentwicklung von TOP ₈ -Städten 252
12	Tabelle U - Datenmatrix für Netzwerkanalyse (52 Städte) 253
13	Tabelle V - Zentralitätsmaße und Häufigkeit der UIP 254
14	Erhebungsdesign - quantitative Expertenbefragung 255
15	Tabelle W - Auswertung Experten-Survey 266
16	Tabelle X - Checkliste für Anwendungsfall Stuttgart 272
17	Übersicht verwendeter Software und Werkzeuge 274

1 Einführung, Zielsetzung und Aufbau

In Kapitel 1 wird die einleitende Ausgangssituation und Motivation, die initiale Problemstellung und Forschungslücke, die fachliche Einordnung in den nationalen Forschungsdiskurs, die Formulierung der Zielsetzung und relevanter Wissenschaftsdisziplinen sowie der resultierende Aufbau der Dissertation beschrieben. Damit besteht eine erste thematische Positionierung der Arbeit als Referenzpunkt für die anschließende Erarbeitung der theoretischen Grundlagen und einer multidisziplinären Literaturliteraturanalyse.

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Städte, wie wir sie heute verstehen, sind gesamtgeschichtlich betrachtet relativ junge Artefakte der Menschheit. Von den ersten Siedlungen bis zur ersten Milliarde an globalen Stadtbewohnern vergingen dabei knapp 10.000 Jahre (bis 1960), die zweite Milliarde dauerte dann weniger als dreißig und die dritte weniger als zwei Jahrzehnte - Tendenz weiter abnehmend. Im Jahr 2022 lebten von 4,5 Milliarden Menschen in Städten weltweit 10% in Megastädten, 7% in großen Millionenstädten, 24% in kleinen Millionenstädten, 8% in größeren Großstädten und über 50% in Städten kleiner als 500.000 Einwohner [Oginga-Martins, 2022]. Im Jahr 2009 hat die Stadtbevölkerung erstmals die ländliche Bevölkerung auf der Erde überholt (siehe Abbildung 1.1).

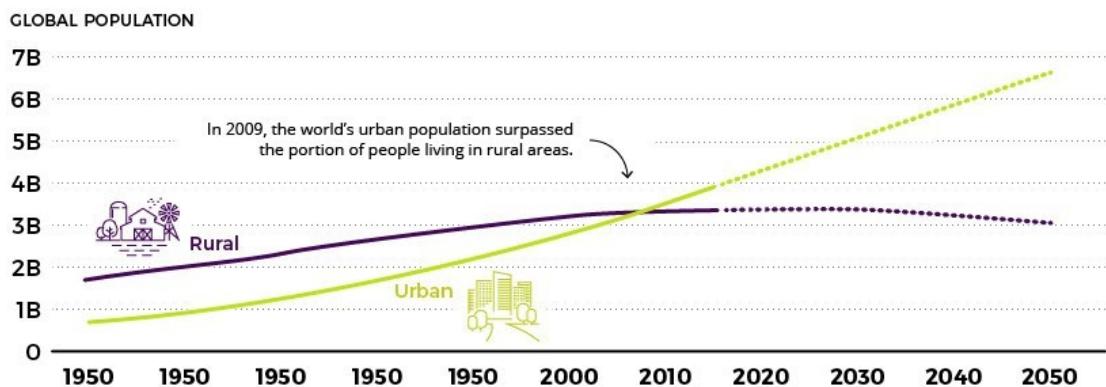


Abbildung 1.1: Globale Urbanisierung von 1950 bis 2050 mit Kipppunkt zwischen Stadt und Land im Jahr 2009 [UN, 2018]

Bis 2050 werden somit weitere 2,1 Milliarden Menschen in diesen Städten leben und arbeiten [Urbanet, 2016]. Das globale Städtesystem ist als baulich-infrastrukturelle Ma-

nifestation unserer modernen Zivilisation gleichzeitig der größte Verursacher von klimarelevanten Emissionen, für dessen Erweiterung der globale Rohstoffverbrauch auf etwa 89 Milliarden Tonnen bis 2050 ansteigen wird [Venditti, 2022]. Erst seit mehreren Jahrzehnten ist man sich seiner expliziten globalen Bedeutung bei Klimawandel und anhaltendem Ressourcenverbrauch bewusst.

Im Kontext einer zukunftsfähigen und global verträglichen Stadtentwicklung im 21. Jahrhundert spielt der technische Wandel unserer Zeit dabei eine immer bedeutendere Rolle. Beispielsweise hat das Automobil als Technologie des letzten Jahrhunderts entscheidend auf die räumliche und funktionale Gestaltung unserer Städte eingewirkt. Ähnlich ist es im Bereich der Lebensmittel- oder Energieversorgung, die jeweils eigene große Technologiefelder im urbanen System darstellen. Dabei ist für die Zukunft anzunehmen, dass nicht nur durch den steigenden Urbanisierungsgrad (quantitativ) die Klimafolgen zunehmen, sondern auch durch neue nicht-nachhaltige Lebensstandards und Konsumbedürfnisse, die wiederum von technologischen Veränderungen (qualitativ) bedingt sind.

Die Leitplanken und Ziele hin zur Vision maximal CO₂-neutraler, wandlungsfähiger und lebenswerter Städte sind zwar teilweise skizziert, allerdings existieren wenig tragfähige und sektorübergreifende Transformationspfade für Städte zu Beginn des neuen Jahrtausends. Die Domäne der Stadtplanung hatte bis vor kurzem kaum Einblick in die technischen Domänen, die wiederum massiv die Prozesse einer Stadt beeinflussen. Vielmehr zeichnet sich die momentane Wissenschafts- und Praxisdiskussion durch eine sehr hohe Pluralität von Leitbildern und Maßnahmenbündeln aus. Vergleichbar mit dem Turmbau zu Babylon prallen heutzutage Disziplinen, Fachwelten, Emotionen und Sprachen aufeinander und erschweren gemeinsame Strategien für Akteure aus Wissenschaft, Kommunalverwaltungen, Wirtschaft und Politik. Eine Konvergenz der Disziplinen für die Stadt der Zukunft scheint dringend erforderlich – doch unter welcher Prämisse?

Nachhaltige Stadtentwicklung hat immer mehr die Aufgabe, moderne, teils auch technisch getriebene, Ansätze wie Smart Cities sachlich zu reflektieren und konvergente Strategien und Maßnahmen aufzuzeigen. Der Ruf nach Suffizienz und nachhaltigem Konsum allein reicht nicht mehr aus [Burret, 2021]. In der Wissenschaft und Praxis reift vermehrt die Erkenntnis, dass dabei die Innovationsfähigkeit von Städten und ihren Subsystemen, also die grundsätzliche Fähigkeit, Neues (weniger Klimaschädliches) hervorzubringen, eine wertvolle Eigenschaft zur Bewältigung der urbanen Herausforderungen darstellen kann. Ein Umdenken muss sowohl bei der Planung als auch bei der Umsetzung zukunftsfähiger Stadtkonzepte ansetzen, in denen sich verschiedene Teilsysteme wie Energie, Gebäude, Infrastruktur, Mobilität, Logistik, Versorgung, Sicherheit, Gesundheit oder Verwaltung eng miteinander verzahnen [ebd.].

Dabei ist von einer zunehmenden Verschmelzung zugrundeliegender Technologien, gesellschaftlicher Bedarfe und damit veränderter Ressourceninanspruchnahme auszuge-

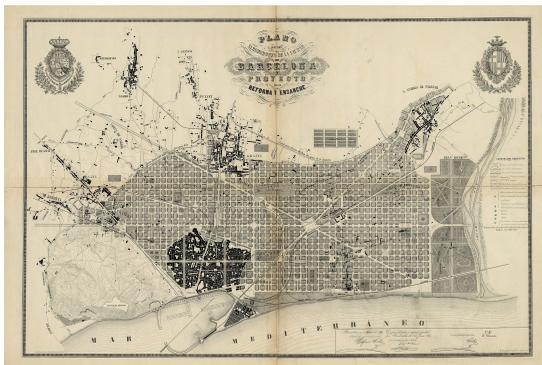
hen. Stadtentwicklung, technischer Fortschritt und Innovationsforschung stellten bisher weitgehend getrennte Domänen der heutigen Wissenschaft und Praxis dar, die es somit zu überbrücken gilt [ebd.].

Die vorliegende Dissertation adressiert diese Forschungslücke im Kontext urbaner Transformationsaufgaben und will durch ein integratives Forschungsdesign leistungs-kritische Erfolgsfaktoren und Prinzipien für eine innovationsorientierte Transformation von städtischen Strukturen und Prozessen aufzeigen. Angesichts der zunehmenden Innovationsgeschwindigkeit in Wirtschaft und Gesellschaft scheinen die zentralen Forschungsfragen zumindest in der Formulierung einfach: Wie kommt das Neue in die Stadt? Was können wir hierzu aus der Vergangenheit lernen? Wie lassen sich bewährte Praktiken synthetisieren?

1.2 Problemstellung und Forschungslücke

Die konkrete Problemstellung stellt sich als komplexes 'wicked problem' dar [Bieling, 2020]: Wie können Städte als räumlich-organisatorische Innovationssysteme schneller voneinander 'lernen'? Wie gelingt es ihnen besser eigene Innovationen zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Herausforderungen zu gestalten? Die Beantwortung dieser Fragen wird durch Faktoren wie hohe Komplexität, zeitliche Dynamik, fehlende Definitionen, schwierige Messbarkeit, Zielkonflikte und Mehrdimensionalität beeinflusst [Rittel, 2013].

Aus der Geschichte heraus finden sich jedoch vereinzelte Fallbeispiele der Stadtsystemgestaltung, die über eine erste Hinführung der Problemstellung, beziehungsweise Ansatzpunkte einer möglichen idealtypischen Lösung, veranschaulichen sollen. Im Folgenden werden zwei dieser historischen Beispiele zur Erläuterung der Forschungslücke (siehe Abbildung 1.2) kurz umrissen:



(a) Beispiel 1: Masterplan Barcelona 1859 von Ilfonso Cerdá (b) Beispiel 2: Grundriss von Edo um 1850 mit eingeteilten Brandschutzzonen

Abbildung 1.2: Historische Fallbeispiele für Städte als räumliche Innovationssysteme

Beispiel 1: Eixample (Barcelona) - technologische Vorausschau im Raum

Einführend wird das historische Beispiel 'Eixample' vom prägenden Stadtplaner Barcelonas im 19. Jahrhundert, Ilfonso Cerdá, kurz beschrieben: Dies zeigt die Relevanz räumlicher Planung für die Einführung technischer Innovationen auf [Braun, 2021]. Mit dem charakteristischen Raster aus abgekanteten Quadraten mit ca. 140m Kantenlänge schuf Cerdá einen hochverdichteten und räumlich flexiblen Städtebau, der bis heute von ihren Magistralen bis zum neu aufkommenden Superblocks-Prinzip funktioniert [Babic, 2021].

Zugleich bedachte er durch die achteckige Form und damit gewisse Kurvenradien unter anderem die leichte Einführung von schienengebundener Mobilität, die zum Zeitpunkt des Masterplans noch gar nicht verbreitet oder kaum bekannt war [Braun, 2021]. Aus den damaligen unmotorisierten Pferde-Trams schloss er, dass sich wenige Jahre später auch elektrisch angetriebene Straßenbahnen mit höheren Geschwindigkeiten (und damit größeren Kurvenradien) durchsetzen werden. Mit dem Eixample-Prinzip war diese Technik-Innovation von Anfang an und ohne Umplanung der Straßenräume realisierbar – ein Beispiel innovationsorientierter und technologieoffener Stadtplanung [ebd.].

Beispiel 2: Edo (Tokio) - Resilienz durch strukturelle Modularität

Als zweites Beispiel kann die Stadt Edo, das frühere Tokio, referenziert werden, welche bereits in ihrer Blütezeit vom 17. bis 19. Jahrhundert eine der größten Städte der Welt war. Gleichzeitig war die kaiserliche Hauptstadt aufgrund leichter Holzbauweisen, offener Herdfeuer, ein auf der Pazifikseite sehr trockener Winter, gelegentlich auch Erdbeben und sozialer Unruhen sehr oft von Großbränden betroffen. Als Antwort darauf entwickelte die Stadt als Gesamtsystem eine detaillierte und komplexe Strategie, wie das bis heute bekannte Zitat 'Brand und Streit sind die Blumen von Edo' [Weber, 2016] belegt.

Die Brandbekämpfung erfolgte über zahlreiche Maßnahmen von den weltweit ersten professionellen Feuerwehren (hikeshi) mit klaren Zuständigkeiten über durchgängige Beobachtung (Wachtürme) sowie Signaletik (Matoi) und modulare Gebäudestrukturen (Tatami) bis zu Gesetzgebung und finanziellen Entschädigungen. Da die japanischen Holzhäuser in einem, durch die Tatami-Matte bedingten, Einheitsmaß gebaut waren und Baumaterial in großen Mengen auf Vorrat gehalten wurde, konnte man beispielsweise die Häuser schnell wieder errichten [Tokyoto, 2001].

Dies ermöglichte eine hohe Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Stadtstruktur, die mit anderen Mustern bzw. Prinzipien als europäische Städte der damaligen Zeit funktionierte. Die Stadt erneuerte sich teilweise trotz Katastrophen positiv und passte sich, trotz ziviler und wirtschaftlicher Verluste, kontinuierlich an neue Erkenntnisse oder Bedarfe an.

Ableitung der Forschungslücke

Im Kontext der aktuellen Debatte über eine produktive und zukunftsgerichteten Rolle des Konzeptes Smart Cities in der sozio-technischen Transformation stehen Städte vor der Frage, mit welchen Strategien sie unerwartete Entwicklungen auffangen und eine soziale Stabilität, hohe Gemeinwohlorientierung, das Funktionieren der Infrastruktur und die Sicherheit ihrer Bevölkerung trotzdem sicherstellen können [Braun, 2021]. Ein möglicher Ansatz wird dabei in einer erhöhten Anpassbarkeit, Belastbarkeit, Reaktions- sowie Widerstandsfähigkeit und damit in robusten Raum- und Infrastrukturen von urbanen Systemen gesehen [Reiß-Schmidt, 2016].

Angesichts der sich verschärfenden Klimaschutzziele bis 2050, der zentralen Bedeutung von Städten in der zunehmenden Urbanisierung und der Trägheit in der Transformation der gebauten Umgebung kommt einer innovationsorientierten und damit zukunftsrobusten Planung eine fast essentielle Rolle zu. Vereinfacht gesagt: Wenn nicht eine ausgeprägte Fähigkeit der Anpassung von Städten vorhanden ist, die auf zukünftige sozio-technologische Neuerungen (sei es in der Verkehrswende, der Energiewende, der digitalen Transformation des Einzelhandels, der Umverteilung öffentlicher Räume, der Regionalisierung von Lieferketten uvm.) reagieren kann, können 'Smart Cities' noch so intelligent sein [Braun, 2021].

Um diesen Ansatz zu operationalisieren, sind im weiteren Verlauf der Innovationsbegriff in der Stadtentwicklung und urbane Innovationen als technisch-räumliches Konzept einzuführen. Gesucht werden in der Empirie möglichst allgemeingültige Handlungsmuster, die die Adaption und Diffusion von Innovationen im Sinne einer innovationsorientierten Stadtentwicklung maximal unterstützen. Übergeordnete Motivation für klimaneutrale und resiliente Städte muss es somit sein, von der Wissenschaft bis zur Praxis eine möglichst enge 'Co-Evolution' zwischen Innovationsgestaltung und Stadtentwicklung zu schaffen, die sektorübergreifend und transformationsorientiert agieren kann [ebd.].

1.3 Einordnung in Fraunhofer-Initiative Morgenstadt

Die Dissertation ist thematisch eingebettet in den forschungs- und innovationspolitischen Diskurs auf nationaler Ebene für CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Städte in Deutschland und Europa. Diese Mission wurde 2010 im Bedarfsfeld 'Klima und Energie' als eines von zehn langfristig angelegten Zukunftsprojekten der damaligen Hightech-Strategie der Bundesregierung unter dem damaligen Vorsitz von Bundesforschungsministerin Annette Schavan und Hans-Jörg Bullinger, Vorsitzender der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft und Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, formuliert [BMBF, 2012].

Ziel war die Vision der Morgenstadt als Leuchtturm für eine CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt zu etablieren und dafür Experimentierräume schaffen

sowie langfristig gültige Leitbildstrategien zu entwickeln [Barner, 2013]. Der Verfasser dieser Dissertation war seit 2011 Experte in der interdisziplinären Arbeitsgruppe zur Erarbeitung und Abstimmung innovationspolitischer Maßnahmen und von 2013 bis 2015 Referent im Büro der Nationalen Plattform Zukunftsstadt (Arbeitskreis IV: Systemforschung Zukunftsstadt).

Aufbauend auf der Hightech-Strategie der Bundesregierung initiierte die Fraunhofer-Gesellschaft mit weiteren Unternehmen und Städten die Fraunhofer-Initiative Morgenstadt mit dem Anspruch, die systemischen und komplementären Forschungskompetenzen für das nationale Zukunftsprojekt zu bündeln. Die erste Phase des Forschungs- und Innovationsprojekts »Morgenstadt:City Insights« erfolgte von Juni 2012 bis Oktober 2013 auf Basis von acht Schlüsselsektoren (Energie, Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), Gebäude, Produktion & Logistik, Sicherheit, Governance und Wasserinfrastruktur) für die Zukunftsfähigkeit von Städten.

In interdisziplinären Forscherteams wurden die Innovationssysteme globaler Vorreiterstädte wie Singapur, Kopenhagen, Berlin, New York, Tokio und Freiburg in intensiven Vor-Ort Analysen untersucht, über 300 Experteninterviews durchgeführt und systemische Handlungsfelder sowie Wirkfaktoren für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung ermittelt [Kalisch, 2016].

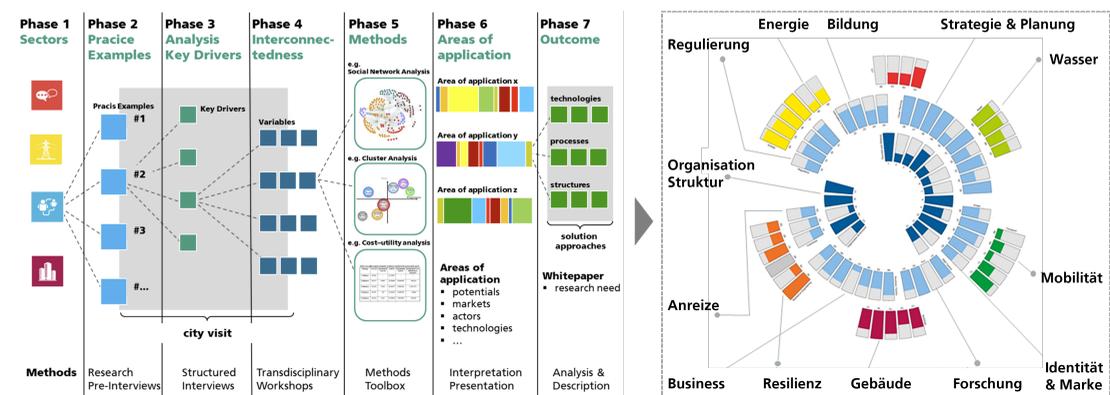


Abbildung 1.3: Forschungsprozess 'Morgenstadt:City Insights' von Schlüsselsektoren bis Modellbildung [Bauer, 2013]

Seither wurden zahlreiche Umsetzungsprojekte für Morgenstädte oder 'Smart Cities' auf nationaler (z.B. Smart Urban Services) und europäischer Ebene (z.B. TRIANGULUM, Smarter Together, SPARCS) realisiert, Zukunftskonzepte für einzelne Teilbereiche wie Raumpotenziale autonomer urbaner Mobilität [Braun, 2019], stadtintegrierte Lebensmittelproduktion [Padilla, 2018], Szenarien für 'elastische' Innenstädte [Vrhovac, 2021] entwickelt sowie strategische Wissenstransfermaßnahmen wie das kommunale InnovationsCenter@bw in Baden-Württemberg [Krauss, 2021] initiiert.

Die vorliegende Dissertation versteht sich dabei als längsschnittartige wissenschaftliche Begleitung und Vertiefung. Sie basiert auf der gereiften Beobachtung aus zahlreichen Forschungs- und Innovationsprojekten, dass nicht nur in der modernen Stadtentwicklung von 'Smart Cities', sondern auch bis in die Vergangenheit der Industrialisierung wiederkehrende Prinzipien oder Erfolgsfaktoren für Innovationsprozesse in der Stadtentwicklung bestehen und wirken. Das bestehende Morgenstadt-Modell [Radecki, 2019] soll damit um empirisch gestützte und wissenschaftlich abgeleitete Methoden für urbanes Technologie- und Innovationsmanagement erweitert werden, die den Handlungsraum für zukünftige - noch nicht marktreife - Innovationen antizipieren [Braun, 2021].

1.4 Zielsetzung und relevante Disziplinen

Das primäre Forschungsziel der Arbeit liegt darin, die wissenschaftliche Lücke zwischen Innovationsmanagement und Urbanistik zu schließen und vor allem im Kontext moderner Stadtentwicklung praxisbezogene Lösungsansätze für anpassungsfähige Stadtsysteme hin zu Klimaneutralität, Digitalisierung oder Resilienz aufzuzeigen [Braun, 2021]. In der heutigen Praxis von Stadtplanung und Stadtentwicklung bestehen geteilte Meinungen und Überzeugungen bei der Relevanz und vor allem im Umgang mit Innovation. Dies kann verschiedene Ursachen und Hintergründe zur Eingrenzung und Darlegung der Problematik haben: Radecki schreibt, dass für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Stadtentwicklung (Steuerungs-)Ansätze fehlen, die eine integrierte Analyse zusammenhängender urbaner Systeme mit Strategien und Technologien kombinieren [Radecki, 2013]. Er sieht einen fehlenden Zusammenhang bei der Gestaltung vernetzter urbaner Systeme angesichts sektorspezifischer Lösungen.

Ibert benennt bei der Planbarkeit von Innovationen fehlende Bezugsebenen und Maßstäbe zur Beurteilung [Ibert, 2005]. Gemäß Schumpeter lassen sich Innovationen oft erst im historischen Rückblick als solche erkennen und damit auch gestalten. Innovationen im Sinne des qualitativ Neuen können nicht als präzise operationalisierte Ziele vorgegeben werden, denn das würde voraussetzen, dass man sie bereits in all ihren Eigenschaften kennt [ebd.]. In der Praxis innovationsorientierter Planung werden die inhaltlichen Planungsziele deswegen am Anfang typischerweise nicht operationalisiert. Somit fehlen in der Stadtplanung heute noch messbare Kriterien und Heuristiken zum Umgang mit urbaner Innovation [ebd.].

Ein Teil der Problemstellung lässt sich auch darin feststellen, dass aus Sicht der Planung eine Überstrapazierung des Innovationsbegriffs gesehen wird. Selle kritisiert, dass in vielen Politik-, Markt- und Lebenswelten von und über Innovationen gesprochen wird. Durch diese Inflation wird das Wort zum 'Passepartout' für alles Mögliche - und damit recht ungeeignet für eine wissenschaftliche Diskussion [Selle, 2014]. Er weist auf die fehlenden Maßstäbe zur Bewertung von einer 'Neuerung' oder Innovation: *'Wann etwa ist der Bau eines Mulden-Rigolen-Systems in der X-Siedlung eine 'Innovation', wann lediglich eine*

in vielen technischen Varianten existierende Lösung für den Umgang mit Oberflächenwasser? Ist die Solar City am Kronsberg die Innovation in diesem Sektor oder kann man erst bei den Plus-Energie-Häusern in Freiburg davon sprechen? [ebd.]. Somit ist gleichsam eine doppelte Forschungslücke auszumachen:

- Ebene *Nutzer* - Zum einen werden innovationsrelevante Fragestellungen der Stadtentwicklung nahezu ausschließlich aus der Perspektive der Planung betrachtet, sodass Chancen einer kombinierten Innovations- und Stadtgestaltung nur selten genutzt werden – teils aufgrund fehlender Kompetenzen im Prozess, teils aufgrund mangelnder Öffnung der Planung für Innovation.
- Ebene *Prozesse* - Zum anderen fehlt es an konsistenten Daten, um bisherige Innovationsprozesse in Stadtsystemen zu modellieren. Auf Basis entsprechender Empirie könnten neue Ansätze oder Konzepte entwickelt werden, die eine innovationsoffene Stadtplanung und klimaneutrale Transformation von Städten unterstützen.

Dieser Anspruch erfordert in der handlungsorientierten wissenschaftlichen Bearbeitung eine breite und interdisziplinäre Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Stand der Forschung und Praxis. Hierzu können vier grundsätzliche Wissenschaftsgebiete adressiert werden. Auf der einen Seite gilt es, ein vertieftes Verständnis der modernen Stadt-, Raum- und Infrastrukturentwicklung als primäres Anwendungsfeld für zukünftige urbane Perspektiven aufzubauen, auf der anderen Seite Methoden des Innovations- und Technologiemanagements aus betrieblicher und politischer Sicht sowie der systemischen Innovationsforschung weiterzuentwickeln und zu adaptieren.

Dies ist in ein konzeptionelles Framework mit Multi-Level-Perspektive für sozio-technische Transformation und nachhaltige Entwicklung einzuordnen [Geels, 2005a]. Mittels interdisziplinärer Methoden der Datenanalytik (KDD) sowie empirisch gestützter und datenbasierter Musterentdeckung aus dem Software-Engineering soll der Transfer in die Domäne von »Urban Systems Engineering« erreicht werden [vgl. WUR, 2021].

1.5 Aufbau der Dissertation

Die Dissertation verfolgt aufgrund der offenen Fragestellung einen explorativen Ansatz und schafft über unterschiedliche empirische Datenanalysen die Grundlagen für einen einheitlichen methodischen Rahmen zur Systematisierung von und Umgang mit urbanen Innovationsprozessen. Hierzu sind die folgenden Schritte vorgesehen:

- **Forschungsbedarf und Literaturanalyse** - Nach erfolgter Beschreibung der Ausgangssituation und Skizzierung der Forschungsfrage (Kapitel 1) wird eine literaturgestützte Analyse zur Definition der Stadt als System, dem bisherigen Umgang mit Innovationen im Kontext der Stadtentwicklung, dem Management und Gestaltung von sozio-technischen Veränderungen sowie musterbasierten Ansätzen

zur Reduktion und Beherrschbarkeit komplexer Aufgabenstellungen durchgeführt (Kapitel 2).

- Rahmenkonzept *uiPM* - Jedes der betrachteten Forschungsfelder wird im Hinblick auf die anfangs definierte Problemstellung der vorliegenden Arbeit reflektiert und im Kontext der Literaturanalyse kritisch für den anschließenden Forschungsprozess betrachtet (Kapitel 3). Ergebnis ist die Formulierung handlungsleitender Hypothesen sowie eingrenzender Forschungsfragen. Hieraus wird der prototypische Forschungsansatz des 'Urban Innovation Pattern Mining' abgeleitet und formuliert.
- Zyklus I: Data Mining - Im nächsten Kapitel zur Operationalisierung der vorliegenden Dissertation werden Forschungsvoegehen sowie -Design eingeführt und angewendet. Nach der Klärung der Wirkungsebenen wird die Kombination der einzelnen Arbeitsschritte bzw. deren konkrete Umsetzung diskutiert (Kapitel 4). Im Anschluss werden die einzelnen Schritte der KDD-Methode zur datenbasierten Analyse und Auswertung der technikhistorischen Entwicklung städtischer Systeme, der zeitlichen Diffusion urbaner Innovationen über identifizierte Städte, ergänzende Fallbeispiele und die anschließende Musterbildung vorgestellt. Des Weiteren folgt die Definition von ergänzenden Metriken und geeigneter Indikatoren.
- Zyklus II: Pattern Mining & Language *uiPL* - Nach einem Überblick über die gebildeten Klassen der explorativen Mustergenerierung werden diese konfirmatorisch und in einer quantitativen Experten-Erhebung validiert, auf Relevanz, Plausibilität und Validität geprüft sowie in einem praktischen Anwendungsfall getestet (Kapitel 5). Die Ergebnisse und prototypischen Muster als Beitrag zum wissenschaftlichen Diskurs werden im Hauptteil der Dissertation als universelle Mustersprache für Innovationsdiffusion in urbanen Systemen (*uiPL*) dokumentiert (Kapitel 6).
- Diskussion - Eine abschließende Zusammenfassung der Beobachtungen, die Auseinandersetzung mit dem geleisteten Beitrag der Arbeit und eine kritische Betrachtung schließen die Ausführungen dieser Dissertation ab (Kapitel 7). Im Ausblick werden zudem resultierende Forschungsbedarfe skizziert, die unter anderem den konkreten Einsatz der erarbeiteten Muster für die Planung und Gestaltung urbaner Innovationen adressieren.

In der nachfolgenden Grafik (siehe Abbildung 1.4) ist eine grafische Übersicht des Forschungsprozess und dem Aufbau der Dissertation über die einzelnen Kapitel (K_x) abgebildet:

1 Einführung, Zielsetzung und Aufbau

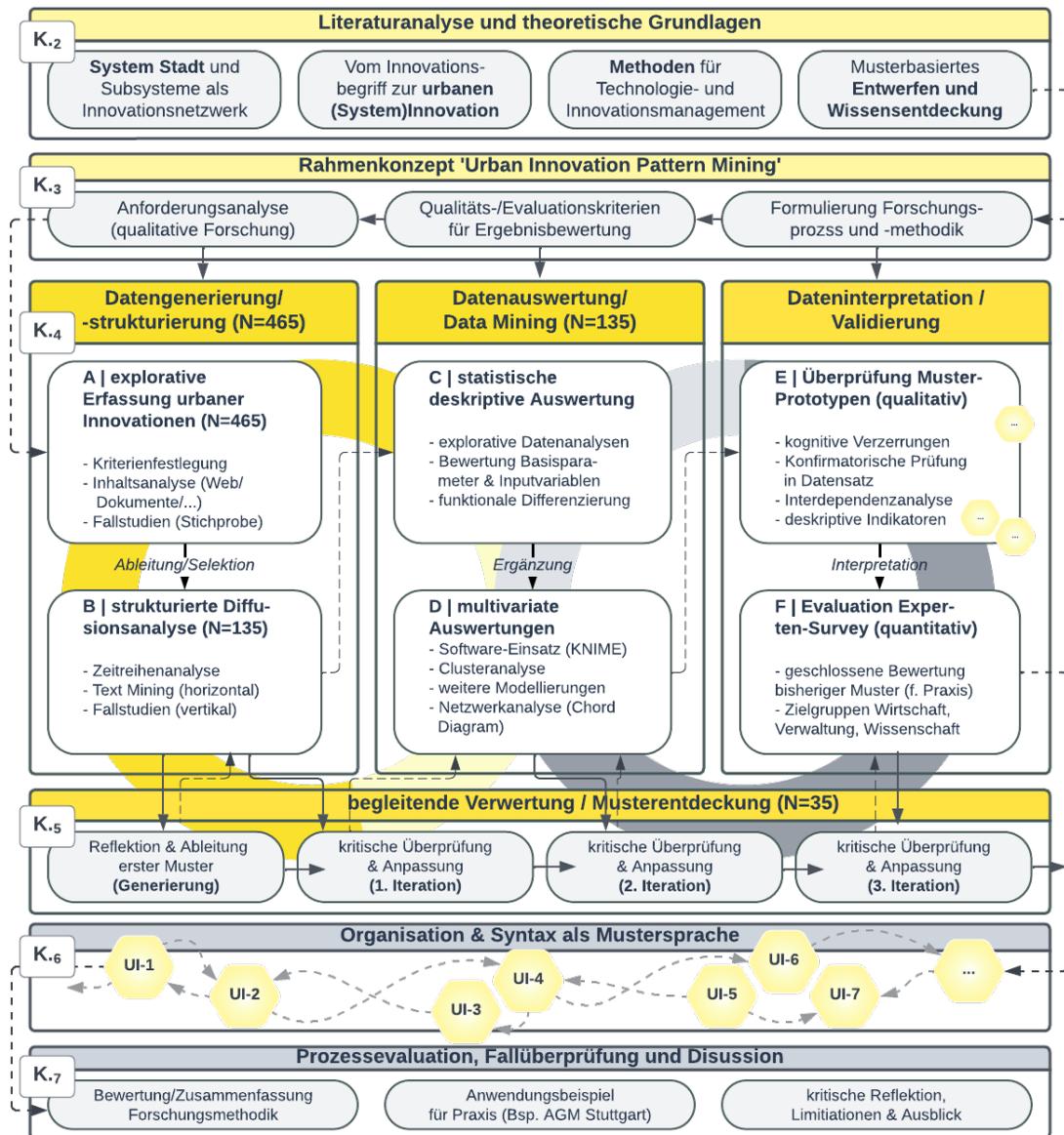


Abbildung 1.4: Aufbau von Forschungsrahmen und -prozess der Dissertation

2 Literaturanalyse und theoretische Grundlagen

In Kapitel 2 wird mittels systematischer Literaturanalyse und -auswertung untersucht, wie sich urbane Systeme lokal und global definieren, welchen Stellenwert Innovation als Konzept der räumlichen Planung einnimmt, wie Systeminnovationen als Begriff in der Nachhaltigkeits- und Innovationsforschung definiert ist und welche Innovationsmethoden im Kontext moderner Stadtentwicklung bisher vorhanden sind. Im Fokus steht dabei die Qualifizierung von heutigen Städten als Komponenten eines global zusammenhängenden Innovationssystems mit verschiedenen Ebenen. Hierzu wird eine systematische Erfassung bisheriger Innovationsbegriffe im ökonomisch-gesellschaftlichen Kontext gegenübergestellt und hinsichtlich musterbasierter Wissensstrukturmodelle und Entwurfswerkzeuge zur Gestaltung von Systeminnovationen interpretiert. Am Ende besteht ein klarer Umriss der identifizierten Defizite, der zentralen Forschungsfrage und den daraus resultierenden Anforderungen für den methodischen Forschungsansatz.

2.1 Definition relevanter Forschungsdomänen

Zur Einführung in den Stand der Wissenschaft und Praxis ist eine Begriffs- und Betrachtungsabgrenzung in Hinblick auf bestehende Lösungsansätze und Strategien im Umfeld der städtischen Infrastruktur- und Siedlungsentwicklung notwendig. Dabei steht die Identifikation und Definition der wesentlichen Komponenten bzw. Elemente städtischer Systeminnovationen im Vordergrund. Schließlich werden die wichtigsten Positionen, Entwicklungen und Kontroversen in den relevanten Domänen benannt und in ihrem Verhältnis zueinander eingeschätzt und eingeordnet können.

Die Forschungslücke wird darin vermutet, dass die jüngeren Werke zu Innovation in der räumlichen Planung bisher wenig Bezug zur technischen bzw. sozio-technischen und damit systemischen Innovationen aufweisen und sich meist auf Verfahrens-Innovationen stützen. Dies kann dadurch begründet sein, dass in der Praxis seit dem Aufkommen der modernen Planungstheorien in den 70er Jahren und einer nachhaltigkeitsorientierten integrierten Stadtentwicklung wenig Handlungsbedarf im Umgang mit technischem und gesellschaftlichen Fortschritt bestand.

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 2.1) gibt eine Übersicht über die identifizierten relevanten Forschungsgebiete und Domänen wieder, die sich in einer 2x2-Matrix strukturieren lassen. Als notwendige Domänen sind dabei auf der oberen Ebene die

Stadtplanung bzw. Stadtentwicklung als Anwendungsfeld und Innovations- und Technologiemanagement als Methodenfeld zu benennen. Auf der unteren Ebene sind die hinreichenden Domänen aufgeführt, diese umfassen Data Science & Analytics sowie Wissensmanagement bis hin zu systemischer Transformations- und Innovationsforschung (vgl. Transition Management).

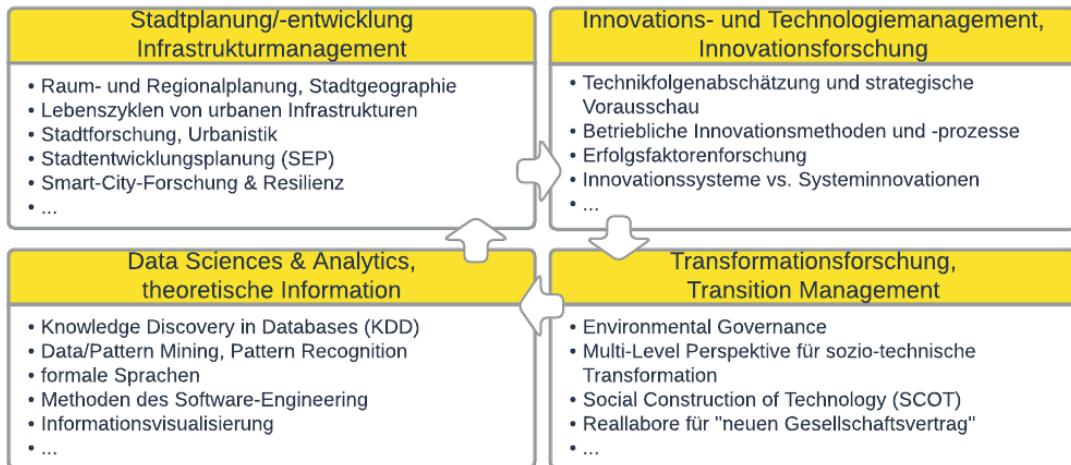


Abbildung 2.1: Relevante Forschungsgebiete der Literaturanalyse

2.2 System Stadt und Städtesysteme

Städte sind politisch definierte Gebietskörperschaften (vgl. §28 Absatz 2 Satz 1 Grundgesetz), denen in Deutschland eine im Grundgesetz verankerte Selbstverwaltung zugewiesen ist. Dennoch wird es immer wichtiger, die funktionalen Grenzen einer Stadt und deren notwendige Infrastrukturen für den Betrieb als Teil eines konsistenten Stadtsystems zu definieren. Bisher wird dies vereinzelt vorgenommen, allerdings unterscheiden sich hier je nach Disziplin noch Sichtweisen und Verständnisse des Begriffs 'Stadtsystems' bzw. 'Städtesystems'. Bretagnolle und Pumain definieren dazu drei Ebenen zur Beschreibung und Struktur von Stadtsystemen [Bretagnolle, 2009]:

- '... die Mikroebene repräsentiert elementare Einheiten (Personen, Firmen, Institutionen), die innerhalb einer Stadt zusammenleben, ...
- die Mesoebene entspricht der Stadt selbst (wenn sie wirklich als eine einheitliche geografische Einheit definiert wird), und die ...
- die Makroebene das System der Städte, das aus einer großen Anzahl von Städten besteht, die unter einer einheitlichen Kontrolle zusammenwirken (wie ein nationales politisches Territorium oder ein globales Wirtschaftsnetzwerk).'

Im Folgenden wird diese hierarchische Basis um bestehende Sichtweisen ergänzt und für die weitere Begriffsverwendung systematisiert, sowie wo möglich Bezüge zu Innovationsprozessen benannt.

2.2.1 Makro-Level: Globale und nationale Städtesysteme

In verschiedenen Werken wird als erste Begriffsebene das globale oder das nationale Stadtsystem verwendet. Bereits 1963 hat Berry die räumliche Gesamtheit von Stadtstrukturen als 'cities as systems within systems of cities' bezeichnet und bezog sich dabei auf die systemtheoretische Gesamtheit aller Städte [Berry, 1963] in einem räumlich abgegrenzten Funktionsraum je nach wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Einteilung, z.B. global, eines Kontinents oder eines Landes. Ribbeck definiert ein Städtesystem als die Gesamtheit aller Städte eines Landes und deren funktionale Verflechtungen [Ribbeck, 2015].

Ein differenziertes oder 'reifes' Städtesystem weist neben einer (oder mehreren) Metropole(n) eine abgestufte Hierarchie von Groß-, Mittel- und Kleinstädten auf. Von einem 'unreifen' Städtesystem kann man sprechen, wenn dieser Unterbau an mittleren und kleinen Zentren weitgehend fehlt. Dabei hängt die Differenzierung des Städtesystems von der Größe eines Landes ab [ebd.]. Als solches sind Städtesysteme Gruppen von Städten, die durch wirtschaftliche, kulturelle und soziale Beziehungen räumlich in wechselseitiger Verbindung (Interrelation) stehen [Heineberg, 2017].

Der Begriff globales Stadt- oder Städtesystem auf der Makroebene ist hierbei synonym zu einem 'Gesamtsystem aus allen Städten' zu verstehen, welche zusammen weltweit über 4,3 Millionen Gebietskörperschaften (cities, towns, villages) darstellen [WCD, 2022]. Der Anteil von Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern entspricht dabei nur etwa 0,1 Prozent davon. Allerdings lebten 2020 in diesen 0,1 Prozent mehr als die Hälfte der weltweiten Stadtbevölkerung [Knudsen, 2020]. Besonders die Wissenschaft interessiert das Prinzip der räumlichen Selbstorganisation und Hierarchietheorien zwischen einzelnen Städten in einem Funktionssystem, also z.B. die Herausbildung von Wirtschaftszentren oder politischen Attraktoren. Am meisten bekannt und erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist das Werk von Walter Christaller zur Theorie der zentralen Orte (siehe Abbildung 2.2), welche bis heute Grundlage für viele Raumordnungstheorien darstellt [Christaller, 1968].

Dabei stellen Städte unterschiedlicher Bedeutung einzelne Knoten (= 'Nodes') in einem räumlichen Netzwerk dar, in dem unterschiedliche Interrelationen (= 'Graphen') zwischen den Städten bestehen. Bartels definierte 1979 dafür drei unterschiedliche Kategorien [Heineberg, 2017]:

- räumliche Lagebeziehungen, gemessen in verschiedenen Distanzen
- Größen- oder Teilhabe-Relationen (z.B. als Einwohneranteile, Wirtschaftskraftverhältnisse, bezogen auf das nationale Ganze)

- Strukturrelationen, z.B. Unterschiede der strukturellen Dimensionen, zentralörtliche Ausstattung

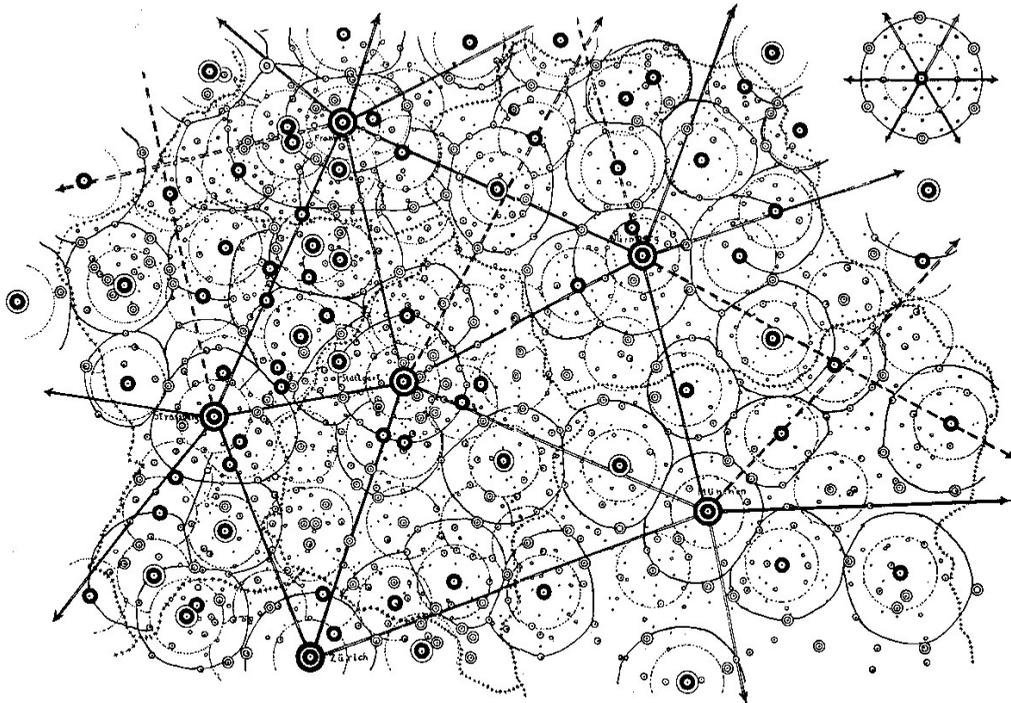


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus 'Das System der zentralen Orte für Süddeutschland'; die horizontale Verbindung beschreibt Straßburg, Stuttgart und München [Christaller, 1968]

Zur Diffusion von Innovationen in Infrastrukturbereichen des globalen Stadtsystems bestehen allerdings kaum wissenschaftliche Arbeiten, die meisten Studien konzentrieren sich auf wirtschafts- oder politgeographische Forschungsfragen, z.B. der Entstehung des Städtesystems in Europa seit dem Jahr 1200 [Bretagnolle, 1997]. Beispielsweise nimmt Grübler in seinem Werk eine nationale Innovationsperspektive bei der Evolution und Diffusion von Verkehrsinfrastrukturen ein [Grübler, 1990]. Nennenswert sind in diesem Kontext auch die Forschungen von Torsten Hägerstrand ab den sechziger Jahren [Hägerstrand, 1973], die zumindest eine räumliche Diffusion bzw. Übertragung von Innovationen (laut Hägerstrand sowohl technisch, sozial als auch prozessual möglich) beschreiben. Sein primäres Forschungsinteresse war es, mathematische Modelle zur geographischen Prognose und Simulation über Zeit abzuleiten, beispielsweise am Beispiel der Akteure in der Agrarwirtschaft im Westen der USA.

Somit lässt sich an dieser Stelle das globale und räumlich verteilte Städtesystem als erste Ordnungsebene (Makro-Level) statieren, in dem Innovationen und deren Diffusion auftreten können.

2.2.2 Meso-Level: Stadt als System

Die mittlere Begriffsebene definiert Stadt als lokales Gesamtsystem, welches in der englischsprachigen Literatur treffend als 'daily urban system' bezeichnet ist. Pumain verweist darauf, wie der täglich zumutbare Pendelradius von Bewohnern die Ausmaße historischer und moderner Stadtstrukturen definiert [Pumain, 2003]. Das tägliche Zeitbudget, das für den Verkehr aufgewendet wird, variiert von einem Land zum anderen (unter den Industrieländern) nur sehr wenig: von etwa 55 Minuten (wie in Ungarn und Frankreich) bis zu 84 Minuten (im Vereinigten Königreich), 83 (Belgien) oder 75 Minuten (Dänemark). Statistiken über historische Zeiten sind schwieriger zu erstellen, aber die meisten Schätzungen liegen bei etwa einer Stunde pro Tag (diese Schätzung stimmt beispielsweise mit den beobachteten Mustern bei der Ausdehnung intensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen um Dörfer im ländlichen Europa überein) [vgl. Pumain, 2004].

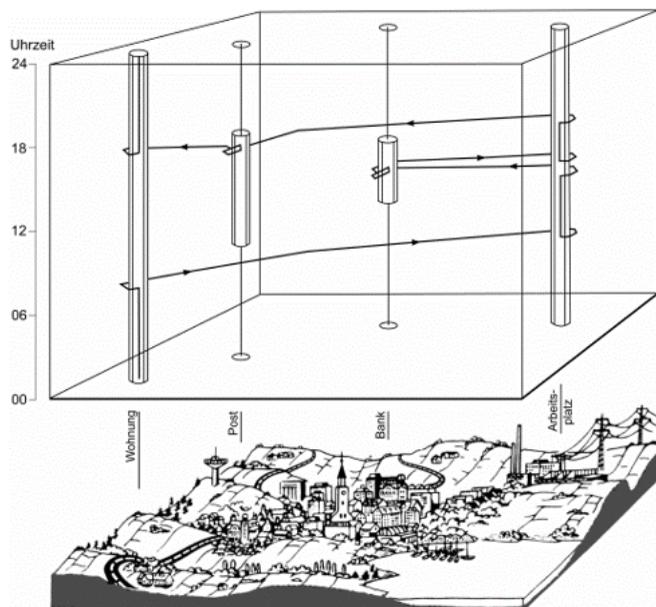


Abbildung 2.3: Tagespfad eines Individuums im raumzeitlichen Koordinatensystem [Lenntorp, 1978]

Damit zeigt sich die wesentliche Konstante der Zeit als raumbegrenzender Faktor von urbanen Räumen, die allerdings durch technische und infrastrukturelle Fortschritte zumindest ‚dehnbar‘ ist. Der ökonomische Faktor der Erwerbsarbeit wird dabei als zweite Prämisse vorausgesetzt, die die Menschen fast täglich von ihrem Wohnort zu ihrem Arbeitsort pendeln lässt (siehe Abbildung 2.3). Neue Erkenntnisse seit der Covid19-Pandemie lassen hier jedoch veränderte Langzeiteffekte hierzu erwarten.

Ein ähnliches Konzept wird mit der 'functional urban region' seit den 1980ern verfolgt, begründet durch Hall und Hay, die selbige wie folgt definieren: *'Eine FUA sollte einen städtischen Ballungsraum enthalten, der aus einem Zentrum mit mindestens 20.000 Arbeitsplätzen und umliegenden Verwaltungseinheiten mit mindestens 1.235 Arbeitsplätzen pro Hektar besteht'* [Bontje, 2001]. Diesen Ansatz hat die OECD, gestützt durch umfassendes Satelliten- und GIS-Kartenmaterial, methodisch erweitert und seit 2013 einen 'funktionalen urbanen Bereich' wie folgt definiert [OECD, 2013]: *Ein städtischer Kern besteht aus einer hochverdichteten Ansammlung zusammenhängender Rasterzellen von 1 km² mit einer Dichte von mindestens 1.500 Einwohnern pro km² und geschlossenen Rändern. Ein niedrigerer Schwellenwert von 1.000 Einwohnern pro km² gilt für Kanada und die Vereinigten Staaten, wo sich mehrere Ballungsräume weniger kompakt entwickeln.'*

Der Begriff Stadtsystem auf der Meso-Ebene ist hierbei synonym zum 'System aus Stadt(sub)systemen' zu verstehen, wobei wirtschaftliche und mobilitätsbezogene Subsysteme die ausschlaggebende Rolle spielen in der Prozessgestaltung einer Stadt als wirtschaftliches Zentrum einer zusammenhängenden regionalen Siedlungsstruktur. Zur Rolle von Innovationen in einem funktionalen Stadtsystem gibt es keine Aufschlüsse in der Literatur, allerdings impliziert die dominante Rolle der Bereiche Mobilität und Arbeit eine systemische Veränderung durch sozio-technische Evolution dieser Subsysteme über Zeit. Somit lässt sich an dieser Stelle eine Stadt selbst als System und zweite Ordnungsebene (Meso-Level) feststellen, in der Innovationen entstehen können und durch ihre Subsysteme (Mikro-Level) in einem funktionalen Umfeld bestimmt sind.

2.2.3 Mikro-Level: sozio-technische Subsysteme der Stadt

Nach Pumain und Bretagnolle werden Personen, Unternehmen, Institutionen als kleinste und zugleich elementare Einheiten im urbanen System verstanden, die in einer Stadt zusammenleben oder interagieren [Bretagnolle, 2009]. Auf dem Mikro-Level werden damit die Basiskomponenten eines Stadtsystems auf der übergeordneten Mesoebene beschrieben, wobei Pumain einen sehr akteursbezogenen Ansatz verfolgt. Bertuglia ergänzt hierbei die 'reproduktive' und 'evolutive' Dynamik dieser individuellen Akteure, von denen eine Stadt oder Region bestimmt ist: eine Mikroebene, die die Entscheidungen der einzelnen Akteure (Individuen, Unternehmen, Institutionen usw.) darstellt, von denen die Reproduktions- und Evolutionsdynamik (involutive) des Systems abhängt [Bertuglia, 1998].

Was bisher in der Fachliteratur kaum systematisch zu finden ist, ist die Definition dieser urbanen Subsysteme an sich auf dem Mikro-Level. Zusätzlich zu den Akteuren in einem Stadtsystem, die ohne Widerspruch eine wichtige Dynamik in der Entwicklung des übergeordneten Stadtsystems oder des funktionalen urbanen Bereichs darstellen, stellt sich auch die Frage zur Relevanz sozio-technischer Systeme im Allgemeinen.

Es ist aus der Literaturanalyse und dem Forschungsrahmen zu schließen, dass beispielsweise ein urbanes Mobilitätssystem, also die Gesamtheit aller Komponenten zum

Transport der Akteure eines Stadtsystems, ein funktionales Subsystem auf Mikro-Level innerhalb einer Stadt darstellt. Dies kann sich vom zentralen Hauptbahnhof einer Stadt bis zur 'letzten Meile' in Quartiere oder sogar bis in einzelne Gebäude erstrecken. Eine genauere Definition hierzu soll als thematisches Rahmenkonzept in Kapitel 3 folgen.

Gerade im Kontext einer zunehmenden Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft scheint es sinnvoll, sich nicht nur auf die Akteure bzw. Bewohner selbst zu fokussieren, sondern deren Funktionssysteme für Leben und Arbeiten als geeignete Subsysteme zu definieren. Die Fraunhofer-Initiative Morgenstadt, die sich seit 2012 mit angewandter Forschung und Entwicklung von System-Innovationen für die Stadt von morgen befasst, hat hierzu mehrere Subsysteme und deren klimaneutrale Transformation als Forschungsschwerpunkt definiert, deren Auflistung aber nicht abschließend sein muss (siehe Abbildung 2.4).

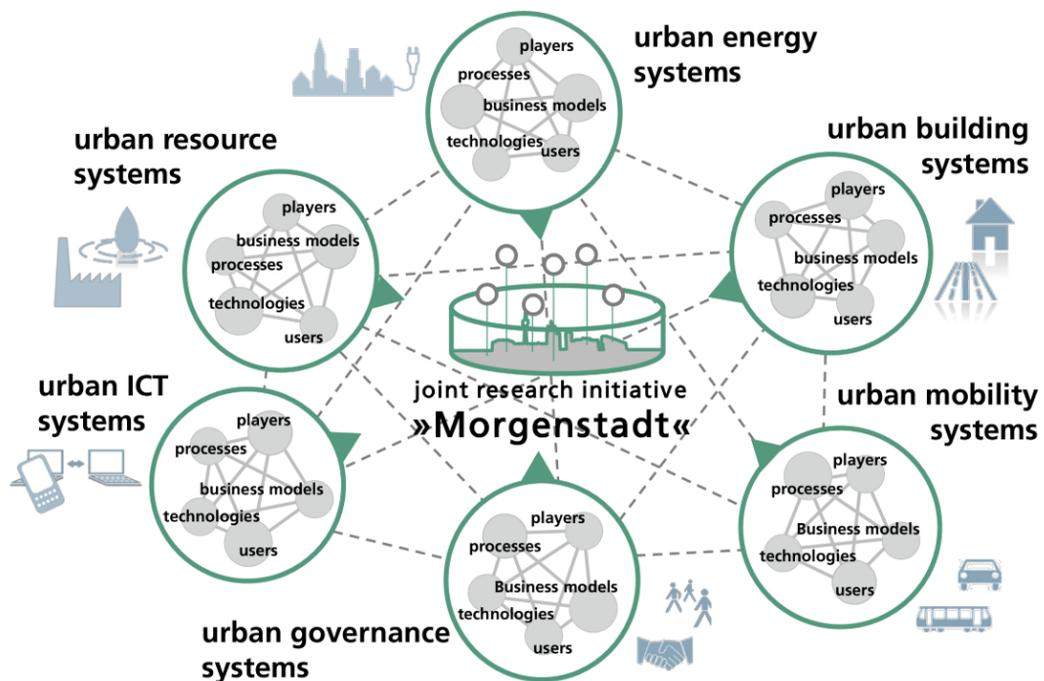


Abbildung 2.4: Bestimmung der wichtigsten urbanen Subsysteme als relevante Treiber für nachhaltige Städte [Bauer, 2012]

Hierzu wird zur Begriffseinordnung auf der Mikro-Ebene eine Alternative zu Pumain et al. herangezogen, die die sozio-technischen Subsysteme einer Stadt wie Mobilität, Energie, Kommunikation und weitere in den Vordergrund stellen. In Ergänzung zu den Akteuren in einem Stadtsystem werden die (teilweise) strukturbildenden Subsysteme auf dem Mikro-Level eingeführt, von denen eine höhere ‚systemische‘ Relevanz für das System Stadt in Zukunft erwartet wird. Als Anforderungen zukünftiger Stadtsysteme

kann dabei gelten: 'Die Komplexität des Forschungsgegenstands »Stadt« mit seinen technischen, prozessbezogenen, bedarfsorientierten und systemischen Fragestellungen gilt als eine der größten Herausforderungen für den Weg in eine nachhaltige Gesellschaft' [Braun, 2012]. Dabei kann jedes Stadt(sub)system durch die folgenden Komponenten konzeptionell beschrieben werden:

1. Technik – Gesamtheit aller technischen Komponenten in einem Stadtsystem, z.B. Funkstandards oder Art der Energiespeicherung
2. Prozess – Gesamtheit aller Teilprozesse für Betrieb eines Stadtsystems, z.B. Wartung, Nutzung, Anpassung
3. Akteure – Gesamtheit aller Akteure in einem Stadtsystem, z.B. Nutzer, Betreiber, Planer
4. Schnittstellen – Gesamtheit aller Schnittstellen eines Stadtsystems, sowohl im räumlichen Kontext als auch zu anderen Stadtsystemen
5. Geschäftsmodelle – Gesamtheit aller ökonomischen Modelle und Prozesse für den wirtschaftlichen Betrieb, Instandhaltung und Anpassung eines Stadtsystems

Eine nähere Auseinandersetzung mit sozio-technischen urbanen Systemen als Konzept soll in der Analyse der Domänenstruktur und deren 'Evolution' über Zeit in Kapitel 4.2 erfolgen.

Damit lassen sich an dieser Stelle die funktionalen Subsysteme einer Stadt als dritte Ordnungsebene (Mikro-Level) statieren, die eigene Innovations- und Diffusionsprozesse aufweisen können. Die zweite Ordnungsebene von Städten kann dabei als 'Transmitter' im globalen Städtesystem (1. Ordnung) fungieren.

2.2.4 Meta-Level: Stadtsysteme im Anthropozän

Die zuvor untersuchten Maßstabebenen oder Dimensionen von globalen (makro), lokalen (meso) und funktionalen (mikro) Stadtsystemen bilden in Summe die größte vom Menschen erstellte Infrastruktur auf diesem Planeten (meta). Zusammen bedecken sie in ihrem Eingriff in das Ökosystem knapp drei Prozent der globalen Landmasse mit bereits erheblichen Auswirkungen auf das Weltklima [Liu, 2014].

Bis Ende des 21. Jahrhunderts wird eine weltweite Verdoppelung dieses Stadtraums erwartet aus der Kombination von anhaltendem Bevölkerungswachstum und einer Industrialisierung auf Basis fossiler Rohstoffe in Entwicklungsländern [Gao, 2020]. Zusätzlich sind mindestens 75 Prozent der bewohnbaren Erdoberfläche von Menschen überformte Natur [Dürbeck, 2018], die zu großen Teilen als Versorgungsinfrastrukturen für Rohstoffe oder Lebensmittel dienen (siehe Abbildung 2.5).

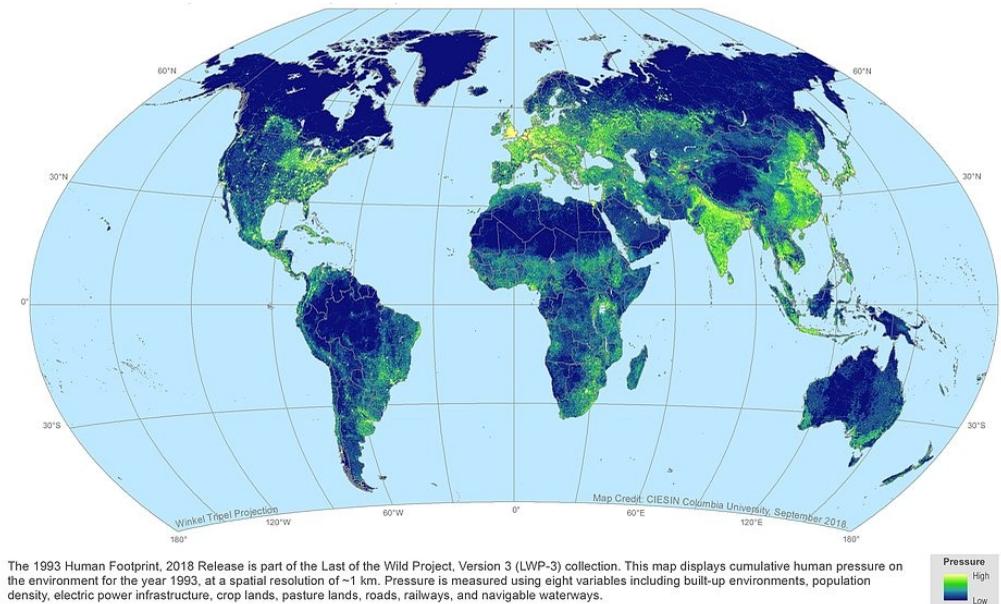


Abbildung 2.5: 'Der menschliche Fußabdruck' auf der Erdoberfläche (LWP-3, 2018) auf Basis kumulativer Einflussfaktoren [SEDAC, 2018]

Dabei sind Städte (bei einem Urbanisierungsgrad von knapp sechzig Prozent) bereits heute für circa achtzig Prozent des weltweiten Energieverbrauchs und über siebenzig Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich. Einen besonders hohen Anteil daran nehmen Gebäude einschließlich der damit verbundenen Nutzung sowie Transportsysteme ein [Rüger, 2021]. Die Ansammlung von CO₂-Emissionen in der Atmosphäre und die globale Urbanisierung weisen seit dem Beginn der Industrialisierung nicht zufällig hohe Korrelationen auf. Gleichzeitig sind Städte als vulnerable Infrastrukturen und dicht besiedelte Lebensräume besonders betroffen von den zunehmenden Klimafolgen in diesem Jahrhundert, beispielsweise in Küstennähe durch langfristig steigende Meeresspiegel oder kurzfristige Extremwetterereignisse [GERICS, 2015]. Für Städtesysteme wie auch deren funktionale Subsysteme wie Mobilität, Gebäude, Energie oder auch Ernährung stellt damit die Dekarbonisierung ihres 'Metabolismus' eine der größten Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte dar [vgl. Prytula, 2010].

Bereits 2016 mahnte der frühere UN-Generalsekretär Ban-Ki Moon: 'Unser Kampf um globale Nachhaltigkeit wird in Städten gewonnen oder verloren' [Ki-Moon, 2012]. Mittlerweile sprechen Experten vom 'Anthropozän' als neuem geologischen Zeitalter, in dem die Menschheit den dominanten geophysikalischen Einfluss auf das Erdsystem hat und daraus die Verantwortung des Menschen für die Zukunft des Planeten abgeleitet wird [Crutzen, 2000]. Städte sind in diesem Zeitalter, spätestens mit dem urbanen Millennium, als global dominante Ausformung davon zu verstehen. Entscheidend wird dabei - im Hinblick auf die eingangs formulierte Problemstellung der Dissertation - die Fähigkeit

sein, urbane Systeme als innovationsfähige und veränderliche Artefakte zu befähigen und aktiv zu transformieren.

An dieser Stelle lässt sich das urbane Gesamtsystem über die drei definierten Ordnungsebenen in ihrer Transformation über Zeit als vierte Ordnungsebene (Meta-Level) statieren, die zunehmend von äußeren Einflüssen dominiert wird (Anthropozän). In nächsten Schritt soll somit die Relevanz des Innovationsbegriffs über Zeit und im Kontext urbaner Systeme analysiert werden.

2.3 Vom Innovationsbegriff zur Systeminnovation

Innovation im städtischen Kontext hat einen schwierigen Stand in der aktuellen Fachdiskussion in der Stadtentwicklung. Aufgrund der Einordnung zwischen heutigen Disziplinen wie der Stadtsoziologie, Stadtplanung und Stadtökonomie verweisen einige Experten auf einen nur geringen wissenschaftlichen Beitrag in der Praxis [Selle, 2005]. All zu oft werden Innovationen in der Vergangenheit als rein evolutionäre Entwicklungen bzw. als natürliche Effekte bei der Einführung von technischen Neuerungen im Stadtkontext bezeichnet.

Dabei spielt die Trägheit der Veränderung von Stadtstruktur und Stadtsystemen offensichtlich eine gewichtige Rolle in der Argumentation und im historischen Rückblick auf städtische Entwicklung. Wenn man Städte mit Organismen gleichsetzt, kann man ihnen ein autopoetisches Prinzip - also eine gewisse Selbsterhaltung - unterstellen. Das heißt, auch wenn sich die Rahmenbedingungen einer Stadt und ihrer Prozesse verändern, laufen bewährte Prinzipien noch eine gewisse Zeit fort. Ebenso haben Planungsprozesse und deren Umsetzung sehr lange Zeitzyklen, welche sich von mehreren Jahren über mehrere Jahrzehnte erstrecken können.

Es lässt sich feststellen, dass in Abgrenzung zur klassischen Innovationstheorie (vgl. Schumpeter, Rogers) die Stadt als veränderungsfähiges System anderen Wirkmechanismen und Kausalitäten unterliegen könnte als ein typischer Absatzmarkt oder Nationalwirtschaften [Zhang, 2022]. Dabei ist jedoch der Bezug zur Ökonomie beziehungsweise der wirtschaftlichen Dimension urbaner Strukturen per Definition nicht von der Hand zu weisen. Jane Jacobs hat in ihrem epochalen Werk zu 'Life and Death of American Cities' von 1969 bereits formuliert, dass 'innovierende Volkswirtschaften expandieren und sich entwickeln [Jacobs, 1992]. Volkswirtschaften, die keine neuen Arten von Gütern und Dienstleistungen anbieten, sondern nur alte Arbeit wiederholen, expandieren kaum und entwickeln sich per Definition nicht' [ebd.]. Städte entwickeln sich oder (er)wachsen gemäß Jacobs These nur dann, wenn sie auch neue Arten von Waren und Dienstleistungen hervorbringen und nicht nur ihren Status quo erhalten. Dieser Aspekt sollte später bei der Untersuchung bestehender Instrumente der Stadtentwicklung nochmal Beachtung finden.

2.3.1 Zeitliche Evolution des Innovationsbegriffs

Das Prinzip Innovation ist im Kern so alt wie die menschliche Evolution selbst. Sobald unsere Vorfahren das erste Mal das Feuer bewusst eingesetzt oder die Urhütte erbaut hatten [Krawczyk, 2016], wurde aus einer geplanten oder auch zufälligen Invention (Erfindung) eine Innovation. Der Management-Guru McKeown definiert dabei den Begriff der Innovation recht simpel [McKeon, 2008]: *'Innovation is new stuff that is made useful.'* Auf die vorgeschlagene Trennung dieser beiden Begriffe nach Schumpeter wird nachfolgend eingegangen.

Fast alle modernen Ökonomien haben mittlerweile für sich erkannt, dass die reine Erhöhung der Produktionsfunktion – also die Wertschöpfung einer Wirtschaft in Form von Gütern – nicht mehr über die Senkung von Lohnkosten oder die Spezialisierung der Fertigung zu erreichen ist. Allein der Übertritt in das Informationszeitalter Ende des 20. Jahrhunderts mit Information als neuem 'Gut' oder Währung überholt klassische Innovationstheorien, wie Konrad und Nill einführen: *'Seit geraumer Zeit gilt es als ausgemachte Sache, dass die traditionellen Strukturen und Verfahren moderner westlicher Industriegesellschaften den gewandelten Anforderungen an ihre Funktions- und Problemlösungsfähigkeit nicht mehr gewachsen sind'* [Konrad, 2001].

Bereits hier lässt sich vermuten, dass der Innovationsbegriff sich in seinem Wesen und seinem gesellschaftlichen Verständnis über die Zeit verändert hat. Trotzdem scheint heute noch eine sehr eingengegte Auffassung in den Köpfen von Planern und Stadtentwicklern zu bestehen, die Innovationen als zumeist technische Veränderungsprozesse verstehen und dadurch ganze Begriffsebenen ausblenden. Im Folgenden soll deshalb ein Überblick des Innovationsbegriffs bis hin zum Vorschlag urbaner Innovation für die Planungswissenschaft und -praxis gegeben werden. Daraus soll eine erste Einschätzung abgeleitet werden, ob man im urbanen Zeitalter [UN-Habitat, 2006] von urbaner (System)Innovation als eigenständigem Begriff reden kann.

2.3.2 Innovationsbegriff der I. Generation (politisch-religiös)

Wo liegen die Ursprünge von Innovation als semantisches Konzept? Der Innovationshistoriker Benoit Godin verweist in seinen Werken zu Recht darauf, dass Innovation in ihren Ursprüngen gleich mit zwei Herausforderungen zu kämpfen hatte [Godin, 2014]: Zum einen fand Innovation als Begriff bis auf wenige Ausnahmen bei Machiavelli, Babbage, oder Bacon vor dem 20. Jahrhundert keinerlei theoretische Erwähnung und zum anderen wurde er ab der Reformation negativ konnotiert, wie das folgende Zitat der damaligen Zeit aufzeigt: *'Innovation ist eine polemische Waffe, die gegen diejenigen eingesetzt wird, die versuchen, die Dinge zu ändern, indem sie Veränderungen in die bestehende Ordnung einführen.'* [ebd.].

Godin schreibt von der damaligen Wechselbeziehung der Begriffe Innovation, Wandel, Revolution und Reform(ation), wobei Wandel und Reformen politisch und gesellschaft-

lich akzeptiert waren, Innovation aber immer mit dem Umsturz bestehender Herrschaftsverhältnisse verstanden wurde – ein Konzept, welches Staat und Kirche nicht sonderlich nahe gelegen war. 1548 erließ König Edward VI. eine Proklamation mit dem Titel 'Against Those That Doeth Innouate' [Godin, 2014], welche zahlreiche Konferenzen, Diskurse und Strafprozesse unter den Klerikern der damaligen Zeit nach sich zog. König Charles spricht 1649 von *'moderate desires of due reformation [...] might still preserve the foundations and essentials of government, not shake and quite overthrow either of them'* [ebd.] – somit eine vorsichtige Gratwanderung zwischen Statuserhalt und Reformen der damaligen Zeit.

Francis Bacon soll hierbei gesondert hervorgehoben werden, da er eine der größten Innovationen der damaligen Zeit, die *Novum organum scientiarum* (dt. ‚Neues Werkzeug der Kenntnisse‘) – und dies im Konsens der oben beschriebenen herrschenden Verhältnisse – hervorbrachte. Es war im Kern die wissenschaftliche Methode als neues Prinzip der Naturwissenschaften. In seinem Werk 'Of Innovations' warb er für einen sehr zurückhaltenden Umgang mit Innovation [Bacon, 1625]: *'...men in their innovations would follow the example of time itself; which indeed innovateth greatly, but quietly, by degrees scarce to be perceived.'* Bemerkenswert war hierbei, wie er durch empirische Forschung, unvoreingenommenes Denken und induktive Theoriebildung den Weg in die Aufklärung öffnete und mit normativen Ansätzen seit Aristoteles brach – ein nahezu perfektes Beispiel, wie man durch die kontrollierte Veränderung der Rahmenbedingungen zu neuen Erkenntnissen und damit Innovation kommt.

2.3.3 Innovationsbegriff der II. Generation (technisch-ökonomisch)

Erst Ende des 19. Jahrhundert findet sich im französischen Lexikon 'Dictionnaire de la langue française' von Émile Littré eine erste Definition, die über den politischen Begriff der Innovation hinausging [Littré, 1872]:

Innovation is defined as both 'action d'innover' and 'résultat de cette action'

- *Substantive: novelties (new ideas, behaviors, objects)*
- *Action: introducing (or bringing in) something new*
- *Process: from invention to diffusion (commercialization)*

Damit vollzog sich in der Theorie das erste Mal ein Bedeutungswandel hin zur Fokussierung der Quelle oder des Ursprungs von Innovation – dem Innovator [Godin, 2014]. Charles Babbage, unvergessen durch sein Mitwirken bei der Entstehung des ersten Computers gemeinsam mit Ada Lovelace, schuf bereits 1832 mit seinem Werk 'On the Economy of Machinery and Manufactures' die Grundlagen für die Verknüpfung von Produktion, Material und Arbeitskraft, die später von Schumpeter weiterentwickelt wurden [Babbage, 1832]. Der englische Ingenieur schrieb damals von *'Sources of the Advantages*

arising from Machinery and Manufactures' und zeigt anhand eines Beispiels im Materialtransport, wie sehr sich Arbeitsaufwand durch bessere Werkzeuge verringern lässt – also technischer Fortschritt beziehungsweise innovative Praktiken Wettbewerbsvorteile in der Herstellung jeglicher Produkte, von Textil bis Bauwerken, mit sich brachten [ebd.].

Damit bringt der Innovationsbegriff im 20. Jahrhundert ein neues Element in die Gleichung: Technologie. Godin schreibt dazu: *'Im zwanzigsten Jahrhundert wird die technologische Konnotation von Invention zu Innovation und fügt dem semantischen Feld ein neues und hegemoniales Wort hinzu - Technologie. Die Technologie bringt in die Innovation ihre Konnotation als industriell und materiell ein [...] Technologie wird zu Innovation und Innovation wird zu Technologie'* [Godin, 2014].

Technischer Fortschritt begann spürbar Einfluss zu nehmen auf die Ökonomien der damaligen Zeit; eine Entwicklung, deren Vorboten sich bereits in den Maschinenstürmern der frühen Industrialisierung finden. Mit seinem Werk *'Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung'* schuf Joseph Alois Schumpeter 1912 die Grundzüge für das am weitesten verbreitete Verständnis zu Innovation im 20. Jahrhundert, welche sich fortan als Auslöser für die *'schöpferische Zerstörung'* von Märkten in seiner klassischen Nationalökonomie versteht [Schumpeter, 2012]. Er verweist dabei auf einen Prozess einer industriellen Mutation, der unaufhörlich die Wirtschaftsstruktur von innen heraus revolutioniert und definiert das Wechselspiel aus Innovation und Imitation als Triebkraft eines damals entstehenden globalen Wettbewerbs [ebd.].

Der *'Pionierunternehmer'* als Individuum gilt als Innovator, der technischen Fortschritt bzw. Innovationen einsetzt, um seine Marktposition auszubauen und dadurch ökonomische Vorteile erhält. Allerdings handelt der Innovator nicht aus rein ökonomischem Interesse, sondern auch selbstbezogene Motive wie *'Freude am Gestalten'* spielen eine Rolle in der Umformung und Weiterentwicklung globaler Märkte [ebd.]. Schumpeter setzt damit evolutionären und kontinuierlichen Modellen den diskontinuierlichen und revolutionären Charakter von Innovationen gegenüber [Godin, 2014]. Zusammengefasst lässt sich dies in der klassischen Produktionsfunktion beschreiben, bei der Y angibt, wieviel produziert werden kann, wenn eine bestimmte Menge an Arbeit A und an Produktionsmitteln K eingesetzt wird: $Y = f \cdot (K, A)$.

Für Schumpeter wandeln sich Wirtschaft und Gesellschaft, sobald Produktionsfaktoren auf eine neuartige Art und Weise (=Innovationen) kombiniert werden [Borbély, 2008]. Innovation gemäß seiner Theorie umfasst die folgenden fünf Fälle:

- Herstellung eines neuen Produktes oder einer neuen Produktqualität
- Einführung einer neuen, noch unbekanntem Produktionsmethode (muss jedoch nicht auf einer Erfindung basieren)
- Erschließung eines neuen Absatzmarktes, auf dem ein Industriezweig noch nicht *'eingeführt'* war (unabhängig davon, ob der Markt bereits existierte oder nicht)

- Erschließung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten
- Durchführung einer Neuorganisation [ebd.]

Hervorzuheben ist seither nun die Unterscheidung von Invention (Erfindung) und Innovation (Erneuerung): Wichtig ist für Schumpeter, dass man zwischen Invention und Innovation unterscheidet. Inventionen sind bloße Ideen, Prototypen, Konzeptentwicklungen vor der Markteinführung, Innovationen sind deren Umsetzung bzw. deren Verwertung auf dem Absatzmarkt [Borbély, 2008]. Eine Invention ist für Schumpeter nur die Generierung einer Idee, erst die Innovationen, d.h. die vermarkteten Inventionen geben der Wirtschaft einen Aufschwung [ebd.]. Durch die starke Fokussierung des Innovationsbegriffs durch Ökonomen wie Joseph Schumpeter, später auch John Adair, Peter Drucker und andere, sind alternative Begriffsebenen außerhalb der Wirtschaftswissenschaften nicht besonders präsent [vgl. Ogburn, 1937; Grübler, 1990]. Sie tauchen aber in jüngerer Zeit wieder auf und werden in diesem Kontext nachfolgend als systemisches Konzept (sozio-technisch) behandelt.

2.3.4 Innovationsbegriff der III. Generation (sozio-technisch)

Nachdem das 20. Jahrhundert maßgeblich durch die Standardisierung und Industrialisierung von Gesellschaft und Wirtschaft – von der Fließbandfertigung über die Frankfurter Küche bis zum TEU-Container – beeinflusst wurde, zeigten sich bereits die Grenzen des Wachstums in den Siebziger Jahren auf. Wirtschaftstheorien mussten damit in einem neuen Marktumfeld bzw. Ökosystem gedacht werden, nachdem der Club of Rome die gesellschaftsprägende Studie 'The limits to growth' [Meadows, 1972] veröffentlichte. Im deutschsprachigen Umfeld war es erstmals Wolfgang Zapf in seinem Aufsatz 'Über soziale Innovationen', der ein alternatives Konzept zu der technisch geprägten Innovationsforschung der damaligen Zeit darstellte [Zapf, 1989]. Er definiert soziale Innovation als 'neue Wege, Ziele zu erreichen, insbesondere neue Organisationsformen, neue Regulierungen, neue Lebensstile, die die Richtung des sozialen Wandels verändern, Probleme besser lösen als frühere Praktiken, und die deshalb wert sind, nachgeahmt und institutionalisiert zu werden.' [ebd.]

Insofern steht für das Konzept sozialer Innovation bzw. Sozialinnovation weniger der technische Fortschritt oder eine ökonomische Theorie im Vordergrund, als vielmehr die Reflektion wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Prozesse in einer globalen und an Ressourcen endlichen Welt. Das bildliche Zitat von Konrad Lorenz unterstreicht die (noch nicht erkannte) Systemwirkung von Innovation gegen Ende des 20. Jahrhunderts [Lorenz, 2008]: 'Kann der Flügelschlag eines Schmetterlings in Brasilien einen Tornado in Texas auslösen?' Es ist wenig verwunderlich, dass Ansätze der System-, Komplexitäts- und Chaostheorie zusammenfallen mit der zunehmenden Kritik am bisherigen Innovationsbegriff. Jürgen Howaldt stellt dazu fest: Mit dem Übergang von der Industrie zur Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft vollzieht sich ein 'Paradigmenwechsel des

Innovationssysteme', insofern sich das Verhältnis von technologischen und sozialen Innovationen grundlegend verändert [Howaldt, 2012].

Der Gesellschaftsbegriff emanzipiert sich damit zunehmend aus der Wirtschaftstheorie, nachdem Polanyi dies bereits früh statierte [Polanyi, 1977]: 'Das System der Marktwirtschaft behandelt die Gesellschaft als Anhängsel des Marktes.' Anonym agierende Märkte bestimmten immer mehr gesellschaftliche Verhältnisse – ökonomische Regeln wirken als 'Sachzwänge' gegenüber der Gesellschaft [ebd.]. Hochgerner definiert damit soziale Innovation im Gegensatz zu Schumpeter als eine Rekombination sozialer Praktiken, nicht aber zur Erhöhung der Produktionsfunktion, sondern zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen [Hochgerner, 2013]. Er statiert, dass soziale Innovationen neue Praktiken zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen sind, die von betroffenen Personen, Gruppen und Organisationen angenommen und genutzt werden [ebd.].

Soziale Innovationen werden damit Ende des 20. Jahrhunderts in starken Bezug zur Ressourcenfrage und zum Ökosystem gesetzt, woraus viele Initiativen zur Transition und Transformation entstanden sind, z.B. Transition Towns. Der systemische Wandel spielt dabei gemäß des Berichts des 'Bureau of European Policy Advisers' von 2010 eine bedeutende Rolle [Hubert, 2010]. Hochgerner zitiert dazu drei Perspektiven zur Analyse von Zielen und Wirkungen [Hochgerner, 2013]:

- Unmittelbarer sozialer Bedarf („social demand perspective“)
- Gesellschaftliche Herausforderungen („societal challenges perspective“)
- Systemwandel („systemic change perspective“)

Anfang der 2000er Jahre wurde in der niederländischen Regierung ein Transition Management-Ansatz im Rahmen des vierten 'National Environmental Policy Plan' eingeführt, der den systemischen Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft im Einklang mit den ökologischen Grenzen in den Fokus setzte [Rotmans, 2001]. Anstatt sozialer Innovationen stehen Systeminnovationen im Vordergrund, die Frank Geels, Professor für Systeminnovation und Nachhaltigkeit sowie Vorsitzender des internationalen Sustainability Transitions Research Network, wie folgt vereinfacht als einen 'Übergang von einem sozio-technischen System zu einem anderen' definiert [Geels, 2005b].

Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 2.6) beschreibt die bis heute gültige Multi-Level-Perspektive (MLP) für sozio-technische Transition über die drei Ebenen: Nische, Regime und Landschaft. Dabei kann die untere Ebene der 'Nische' in der weiteren Operationalisierung des Modells konkret auf einzelne Städte als Innovatoren, deren Milieus oder Stadtteile bezogen werden.

Increasing structuration of activities in local practices

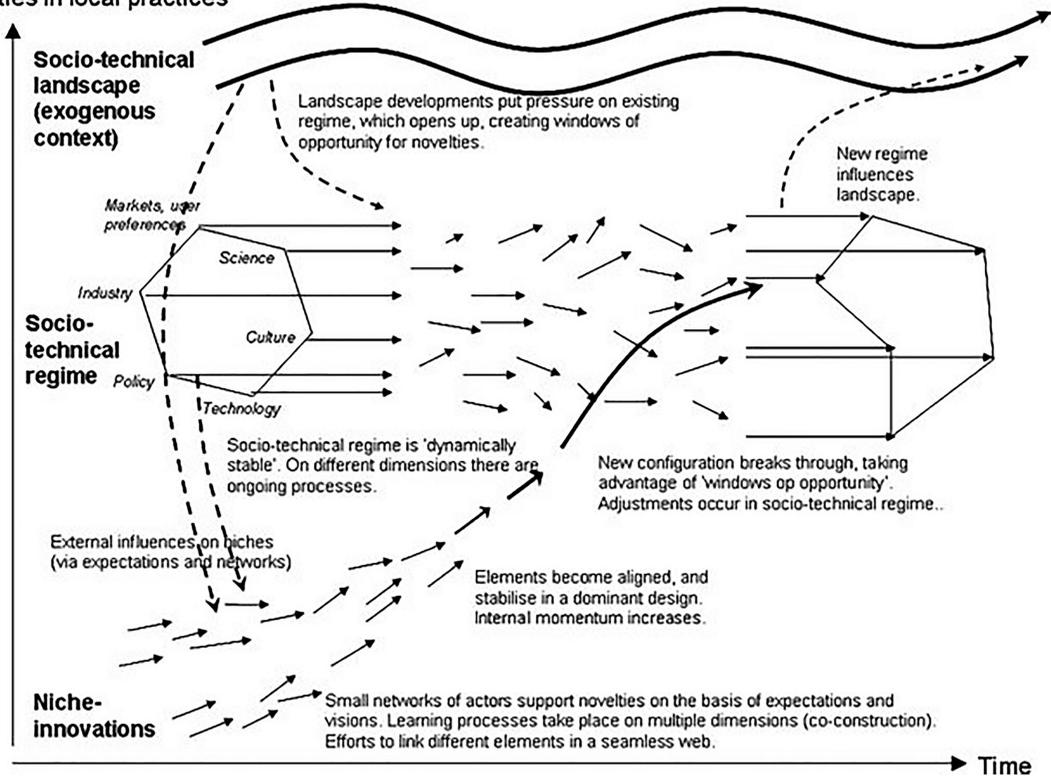


Abbildung 2.6: Modell der Multi-Level-Perspektive (MLP) für sozio-technische Transition [Geels, 2005b]

Anhand folgender 'Übergänge' entwickelten die Forschungsgruppe um Frank Geels eine Multi-Level-Perspektive zur Beschreibung von systemischen Veränderungsprozesse, also der Transition durch sozio-technische Systeminnovationen [Kemp, 2009]:

- Vom Segelschiff zum Dampfschiff (1840-1890)
- Von der Pferdekutsche zum Automobil (1870-1930)
- Von der Senkgrube zum Kanalisationssystem (1870-1930)
- Von Pumpen zu Wasserleitungsnetzen (1870-1930)
- Von den traditionellen Fabriken zur Massenproduktion (1870-1930)
- Vom Propellerflugzeug zum Düsenflugzeug (1930-1970)
- Laufende Umstellung des niederländischen Elektrizitätssystems (1960-2004)

Insofern besteht in der verfügbaren Literatur bisher keine direkte Abgrenzung von Transition und Systeminnovation, wobei systemische Innovationen durchaus auch technischer Art sein können, soziale Auswirkungen haben und damit einen sozio-technischen Veränderungsprozess (Transition) in Gang setzen können. Ergänzend hierzu definiert Andringa seine Perspektive [Andringa, 2009]: 'Systeminnovationen [sind] eine grundlegende Veränderung der Art und Weise, wie die Gesellschaft ihre Bedürfnisse befriedigt. Systeminnovationen beinhalten zusammenhängende Veränderungen von tief verwurzelten Handlungsmustern in den Strukturen, in die sie eingebettet sind. Der Begriff ist ein Synonym für Übergang' [ebd.]. Weitere Vertreter wie Rammert, Rückert-John und Nowotny erweitern den Begriff sozialer Innovationen um eine Perspektive der gesellschaftlichen Vielfalt [Rammert, 2010; Rückert-John, 2013; Nowotny, 2005].

Die weitere Evolution des Innovationsbegriffs und seine Relevanz in der großen Transformation bleibt offen und abhängig von einem konstruktiven Diskurs [vgl. Schellnhuber, 2011]. Zum aktuellen Zeitpunkt soll folgende Formulierung von Helga Nowotny eine Perspektive für zukünftige Begriffsebenen aufzeigen: *'Innovation besetzt ein begriffliches Vakuum in unserer kollektiven Imagination der Zukunft [...] Der Begriff beginnt die Lücke zu füllen, die das Unbehagen in der Gesellschaft hinterlassen hat. So wird Innovation zum Schlüssel, der scheinbar alle Türen zu öffnen vermag, sei es um den Bedrohungen der Gegenwart zu entkommen, sei es um den Sprung in die unbekannte Zukunft zu wagen.'* [Nowotny, 2005].

2.3.5 Innovationsbegriff der IV. Generation (multi-systemisch)

Aufbauend auf der bisherigen Evolution des Innovationsbegriffs bis in die Neuzeit stellt sich die Frage, inwieweit sich im Anthropozän oder dem urbanen Millennium [Crutzen, 2000] eine erweiterte Definition des Innovationsbegriffs rechtfertigen lässt. Hierzu finden sich in neuerer Literatur klare Aussagen, die in der 'post-epidemischen Ära' angesichts globalökonomischer, umweltbezogener und sozialer Disruptionen den dringenden Bedarf an Städte formulieren sich konstant zu verbessern [Zhang, 2022].

Dabei sind Innovationen im urbanen System - zur Verbesserung von Lebensqualität, Resilienz, Umweltbilanz oder Ressourceneffizienz [Kabisch, 2018] - von kritischer Bedeutung. Popescu definiert hierzu 'Evolutionstrajektorien' technologischer Innovationen, die zu Verbesserung im urbanen Transformationsprozess Richtung Nachhaltigkeit und somit deren Innovationskapazität beitragen [Popescu, 2020]. Hierbei wird die Stadt als Innovationssystem in der Transformation selbst beschrieben, was sich von bisherigen Theorien nationaler oder regionaler Innovationssysteme deutlich abgrenzt.

Bereits 1977 formulierten mehrere Wissenschaftler [Morley, 1980] urbane Innovationen nicht nur als Antworten auf externe Einflüsse, sondern selbst als 'Initiatoren' oder Wandlungstreibern von strukturellen oder systemischen Veränderungen mit langfristigen Effekten auf die Stadt selbst. Damit weisen Innovationen in urbanen Systemen

entlang Morleys Definition zwei wesentliche Eigenschaften für die Veränderung dieser auf [ebd.]:

1. sie zeigen kurzfristig neue Wege (=Lösungen) auf, um mit bestehenden Herausforderungen umzugehen.
2. sie ermöglichen langfristige Veränderungspotenziale (= alternative Pfade), um zukünftige Probleme mit anderen Strategien zu adressieren.

Popescu sieht in der beschleunigten Entwicklung und Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien im System Stadt der letzten Jahre die dringend benötigten Grundlagen für einen Paradigmenwechsel in der nachhaltigen Stadtentwicklung [Popescu, 2020]. Innovationen im urbanen System müssen in ihren kurz- und langfristigen Effekten und Nutzenversprechen synchronisiert werden.

Damit lässt sich ableiten, dass über die letzten Jahrzehnte eine urbane Innovationsdynamik entstanden ist, die mit beschleunigtem technologischen Fortschritt zunimmt - sowohl in der kurzfristigen Bewältigung als auch in einer langfristigen Gestaltung. Zhang schlägt hierzu vor, urbane Innovationssysteme als komplexe Systeme zu verstehen, die aus vernetzten Subsystemen und Artefakten bestehen [Zhang, 2022]. Hierfür müssen die Systemgrenzen klar definiert werden, bevor die Wirkmechanismen und Einflussfaktoren eines solchen Systems untersucht werden können.

Zu unterscheiden ist dies von der bisherigen Einordnung nationaler oder regionaler Innovationssysteme [Simmie, 1999] mit Fokus auf räumliche und geografische Diffusion von Innovation, die als unterstützende Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen einer wirtschaftlich gerichteten Innovationsaktivität gelten. Die Verwertung solcher Ansätze ist in der Praxis eher über technologischen 'Output' nach außen zu messen und nicht über die nach innen gerichtete Kapazität in einem urbanen System. Dennoch bauen die oben eingeführten Ansätze auf klassischen regionalen Wirtschaftstheorien auf und ergänzen diese qualitativ. Obwohl sich in der Literatur kaum zusammenhängende und vergleichende Bezüge von konventionellen Innovationstheorien (vgl. Schumpeter) über moderne Managementmethoden [Drucker, 1964] zu urbanen Innovationssystemen finden, lässt sich doch definitorisch ein erweiterter Innovationsbegriff feststellen. Dieser stellt sich im Wesentlichen aus einer Kombination sozio-technischer, partizipativer und systemischer Faktoren dar, die in der Domäne Stadt (= räumlich-strukturelle Dimension) Veränderungsprozesse anstoßen und langfristige Entwicklungspfade initiieren können. Robinson definiert urbane Innovation vereinfacht als 'Bruch mit gewohnten Praktiken (im Stadtsystem), um lang anhaltende Veränderungen in Gemeinschaften, Quartieren und Städten zu gestalten' [Robinson, 2019].

In dieser zeitlichen Entwicklung lässt sich eine klare Diversifizierung des Begriffs in die heutige Zeit nachvollziehen. Im weiteren Verlauf soll hierzu die Hypothese erörtert werden, ob tatsächlich in Ergänzung zu der bisher sozio-systemischen Definition auf eine erweiterte 'urbane' Innovationsebene geschlossen werden kann, die neben sozialen,

technologischen, ökologischen, ökonomischen und politischen Aspekten auch räumlich-prozessuale Merkmale aufweist.

Die nachfolgende Tabelle (siehe 2.1) fasst überblicksartig die Evolution des Innovationsbegriffs von den Anfängen der Reformation bis zu urbanen Innovationen im Kontext der heutigen Postmoderne zusammen:

Ära	Reformation Aufklärung	Industrialisierung	Dienstleistungsgesellschaft	Wissensgesellschaft	Moderne	Postmoderne
Zeit	~1500 - 1850	~1850 - 1950	~1950 - 1980	~1980 - 2000	~2000 - 2020	~2020 - ?
Quellen	[Bacon, 1625]	[Schumpeter, 1912]	[Drucker, 1964]	[Zapf, 1989], [Howaldt, 2012]	[Bullinger, 2006], [Geels, 2005]	[Zhang, 2022]
Konzepte	Innovation (Erneuerung)					
		Technische Innovation			Sozio-technische Innovation	
		Prozess-Innovation	Service-Innovation	Geschäftsmodell-Innovation		
			Management-Innovation	Design-Innovation	Open Innovation	
				soziale Innovation		
					Nachhaltigkeits-Innovation	Co-Innovation
						Urbane Systeminnovation

Tabelle 2.1: Schematische Übersicht zur Evolution und Differenzierung des Innovationsbegriffs über sozio-ökonomische Phasen bis heute (Quelle: eigene)

Im folgenden Teilkapitel werden hierzu bisherige Ansätze von Innovationen in der Stadtentwicklung und im Kontext urbaner Technologien [vgl. Sack, 2020] als Treiber für urbane Innovationsprozesse identifiziert und hinsichtlich des Standes der Forschung und Technik analysiert.

2.4 Methoden für urbanes Technologie- und Innovationsmanagement

2.4.1 Relevanz von Innovation in der Stadtentwicklung

In der Literatur der modernen Stadtentwicklung finden sich nur sehr begrenzte Diskurse zur Rolle von Innovation in urbanen Systemen [Braun, 2021]. Dies kann zum einen in der schwierigen 'Griffigkeit' des Innovationsbegriffs in der Planungspraxis liegen, zum anderen aber auch in einer fehlenden Sensibilität für technischen Fortschritt als solchen. Immerhin beschreibt Supe bereits 1976, dass zwei der bestimmenden Einflussgrößen auf die vergangene und zukünftige Stadtentwicklung der technische Fortschritt und das von ihm ausgelöste Wirtschaftswachstum sind [Supe, 1976]. Er statiert dabei zum einen auch den möglichen Verlauf der Stadtentwicklung als technisch determiniert, was in Kontrast zur Systeminnovation als nichtdeterministisches Konzept steht. Zum anderen vermutet er im technischen Fortschritt, also der zugrundeliegenden Basis von Systeminnovation, aber 'ein aktivierbares Mittelpotenzial zur planvollen Lösung der städtischen Probleme und zur bewussten Gestaltung der Stadt von morgen' [ebd.].

Der Stadtforscher Klaus Selle beschreibt 2004 die Innovation (allgemein) noch als 'kleine Schwester' des Fortschritts, gleichzeitig droht für einige bereits 1994 der 'gesellschaftliche Fortschritt' unter seinen eigenen Nebenfolgen zu verschwinden [Selle, 2005; Sahr-Pluth, 2007]. Eine zentrale Problematik besteht nach Selle besonders darin, dass eine Übertragung des Innovationsbegriffs auf die Stadt- und Quartiersentwicklung nur sehr bedingt möglich scheint [Selle, 2014]. Er trennt klar zwischen technischen Innovationen wie das Rad oder die Glühlampe als bahnbrechende Neuerungen, die sehr schnell bisherige Problemlösungen (z.B. der Fortbewegung, der Beleuchtung) entwerteten, fast vollständig an deren Stelle traten und komplexe Aufgabenstellungen in der räumlichen Planung und Entwicklung nach sich zogen, bei der der innovative Gehalt immer wieder neu und ortsbezogen bestimmt und bewirkt werden muss. Ein schlichtes 'Nachbauen' sei nur bei technischen Details möglich. Für ihn ist die Diffusion von Innovationen, also die Übertragbarkeit von Neuerungen in Städtebau und Stadtentwicklung 'situativ gebunden': Was in A-Stadt entwickelt wurde, kann in B-Stadt erst nach einem Anpassungsprozess unter Beteiligung der entsprechenden Akteure zur Anwendung kommen [ebd.]. Obwohl sich die Aussagen nur teilweise einer Systeminnovation zuordnen lassen, zeigt es doch, dass auch der Anpassungsprozess selbst Teil der Begriffsdefinition sein muss.

Generell haben Technikinnovationen im Rahmen der Stadtentwicklung einen eher negativen Ruf. In der Begleitforschung der nationalen Förderinitiative 'Stadt 2030' in den 2000er Jahren findet sich laut Sahr-Pluth kein Projekt, das Innovation in der Stadtentwicklung z.B. durch Einführung neuer, populär als 'revolutionär' zu bezeichnender, Verkehrssysteme, z.B. Magnetschwebbahn, vorgeschlagen hätte [Sahr-Pluth, 2007]. Technische Innovation, die zukunftsorientierte Geister beflügeln könnten, spielen für

sie anscheinend in einer seriösen, wissenschaftlich fundierten Zukunftsorientierung der Stadtentwicklung nur eine sehr marginale Rolle [ebd.]. Das Programm 'Werkstatt-Stadt' des BBSR adressierte durchaus innovative Lösungsansätze, die noch nicht verbreitete Selbstverständlichkeit in der städtebaulichen Praxis sind [Breuer, 2013]. Hierbei wurde 'Innovation' dabei aber weniger als absolute Neuheit, sondern vielmehr als Synonym für beispielhafte und nachahmenswerte Praxis verstanden. Der jeweilige innovative Charakter kann sich hierbei auf das Gesamtprojekt, das Planungsverfahren, den Realisierungsprozess sowie auf einzelne Komponenten beziehen [ebd.].

Dies skizziert nachvollziehbar die Herausforderungen der letzten Jahrzehnte technische Veränderungen überhaupt als disruptives Potenzial anzuerkennen, wie es Supe 1976 noch statiert hat. Zu unkonkret scheinen für Selle, Sahr-Pluth, Breuer und andere der Umgang mit technischen Neuerungen, zu komplex eine planungsübergreifende Auseinandersetzung des Konzepts der Systeminnovationen. Für Selle verfestigt sich sogar die Vermutung, dass der Innovationsbegriff der 'Technik oder der Warenwelt' in der räumlichen Planung und Entwicklung möglicherweise grundsätzlich nicht angemessen ist [Selle, 2014]: Er bezieht sich dabei auf den Planungstheoretiker Horst Rittel, der in den 70er Jahren eine Unterscheidung von Problemen in die Planungsdiskussion eingeführt. Folgt man ihm, so gibt es 'zahme' und 'böartige' Probleme [ebd.], übersetzt also klar abgrenzbare und komplexe Herausforderungen.

An dieser Stelle scheint im Kontext von Systeminnovationen ein Defizit zu bestehen. Zu kleinteilig scheint die These, zu weit weg von den Erkenntnissen im Bereich sozialer und vor allem disruptiver Innovation, der eine zunehmende Relevanz beigemessen wird. Eine weitere Schwierigkeit im Umgang mit Innovationen in der Stadtentwicklung sieht Sahr-Pluth deshalb in der schwierigen Feststellbarkeit von diesen [Sahr-Pluth, 2007]. Im Gegensatz zur Technikentwicklung, wo qualitative Sprünge, wenn sie denn eintreten, relativ zweifelsfrei als solche erkannt werden können, ist in der Stadtentwicklung äußerst schwer festzustellen, ob eine bestimmte Maßnahme, ein Planungsziel oder gar eine Planungsmethode als innovativ gelten kann [ebd.].

Eine ähnliche Sichtweise vertritt Ibert, der zwar den Begriff der Innovation in der anwendungsbezogenen Stadt- und Planungsforschung durchaus als gebräuchlich sieht, dabei diesen aber nur selten explizit verwendet [Ibert, 2015; Fuhrich, 2005]. Danach gelten Projekte gewöhnlich schon als innovativ, wenn sie bezogen auf wichtige Ausschnitte der räumlichen Planung zum erreichbaren Vorbild für andere zu werden – sei es, weil sie bessere Antworten auf alte Probleme oder aber aussichtsreiche Antworten auf neue Probleme bieten [Ibert, 2005].

In Anlehnung an Schumpeter unterscheidet Ibert das Kriterium der Durchsetzung den (planerischen) Innovationsbegriff zentral von dem in der anwendungsorientierten Planungsforschung [Malerba, 1996]. Eine Differenzierung sieht er anhand von Beispielen aus der Stadtplanung in der Bundesrepublik der letzten fünfzig Jahre, wo die

(Planungs)Disziplin seit Beginn beständig Neuorientierungen hervorgebracht hat, die inzwischen selbstverständlich geworden sind [vgl. Braun, 2021]. Die Einrichtung der Fußgängerzonen in den Innenstädten seit Mitte der 1960er Jahre und die Einführung der flächenhaften Verkehrsberuhigung in Wohngebieten in der ersten Hälfte der 1980er Jahre sind für ihn substanzielle und komplexe Richtungswechsel der bis dahin verfolgten Praxis, die weit reichende Konsequenzen für das Leben in den Städten hatten. Gemäß seines Innovationsbegriffs stellte dies jedoch keine Systeminnovationen dar, sondern für ihn sind Fußgänger- und Tempo-30-Zonen Produktinnovationen, städtebauliche Rahmenpläne und Vorhaben- und Erschließungspläne eher Prozessinnovationen [ebd.].

Der Aufsatz von Ibert ist einer der wenigen Werke in der räumlichen Planung, die sich explizit mit einer Typisierung von Innovationen im urbanen System beschäftigen. Für die räumliche Planung sind Innovationen meist sozialer Natur, oder sie beschäftigen sich mit innovativen Verfahrensweisen in der Planung. Systeminnovationen werden dabei kaum benannt, finden sich aber an anderer Stelle in der Literatur. Zusammenfassend scheint, dass Innovationen somit nicht in erkennbaren materiellen Planungsleistungen, sondern in den Verfahren liegen, mit denen, euphemistisch gesprochen, eine kreative und damit anpassungsfähige Stadt entsteht [Landry, 2007].

2.4.2 Systeminnovation für sozio-technische Transformation

Der Begriff der Systeminnovation ist im Kontext von Stadtplanung und -entwicklung bisher nur bedingt präsent [Braun, 2021]. Das Eco Innovation Observatory definiert diese grundsätzlich als Entwicklungen, die zu einer systematischen Veränderung sowohl in sozialen (Werte, Regulatorien, Haltungen etc.) als auch technischen (Infrastruktur, Technik, Werkzeuge, Produktionsprozesse etc.) Dimensionen, und vor allem in der Wechselwirkung zwischen beiden, führen [EIO, 2017]. Systeminnovationen können dabei Elemente oder Kombinationen aller Innovationsarten (Produkt, Prozess, Marketing, Organisation, sozial) beinhalten und werden, gemäß Definition, von vielen Akteuren gemeinsam und kollaborativ entwickelt und umgesetzt [ebd.].

Richter versteht Systeminnovationen dagegen fokussierter als technologiebasierte Innovationen, die sich in wirtschaftlich tragfähige Produkte oder Dienstleistungen umsetzen lassen [Richter, 2014]. Dabei überwinden sie organisatorische und fachliche Grenzen und sind geprägt durch ein funktionierendes Zusammenwirken unterschiedlicher Stakeholder entlang von Wertschöpfungsprozessen und ermöglichen neue erfolgreiche Geschäftsmodelle [ebd.]. Analog verstehen Schneidewind und Scheck Systeminnovation als strukturelle Veränderung, die weit über technische Neuerung hinausgreift und die Veränderung von Infrastrukturen, Institutionen, Nutzerverhalten und Bedeutungsaufloadungen umfassen [Schneidewind, 2013]. Sie beziehen sich dabei explizit auf die nachfolgende Definition von Frank Geels und hinführende Vorarbeiten von Clark, Christensen und Utterback in den Neunziger Jahren [vgl. Geels, 2007; Utterback, 1994].

Die Brücke zwischen Systeminnovationen als disruptive Veränderung schlägt auch Weisshaupt vor, der dabei den Nutzer und den Markt als Treiber für eine nichtlineare Entwicklung von technischem Fortschritt sieht, die bestehende Struktur- und Systemgrenzen aufbricht [Weisshaupt, 2015]. Frank Geels, Vorreiter der Utrechter Schule zu ‚Transition Governance & Management‘, definiert Systeminnovation als Ereignis bzw. Übergang von einem sozio-technischen System zu einem anderen und als neues Feld nachhaltigkeitsorientierter Innovationspolitik [Geels, 2013].

Die nachfolgende Tabelle (siehe 2.2) gibt eine Übersicht von Systeminnovationen aus der Literatur mit Bezug zu Infrastruktur- und Stadtssystemen:

Systeminnovation	Effekt	Autor (Quelle)	Zeitpunkt
E-Mobilität + Netzinfrasturktur	Ablösung fossiler Verbrennungsmotoren	Rammner, Geels	2011, 2013
Nachhaltige urbane Mobilitätsdienste	Ablösung Individualmobilität	Burmeister, Eckhardt	2015, 2016
Seecontainer	Komplexitätsreduktion, Standardisierung Logistik	Nagel	2012
Satellitennavigation	Ablösung kartenbasierter Navigation	Nagel	2012
Dampfschiff	Ablösung Segelschiffahrt, Globalisierung	Geels	2005
Barcode	Produktidentifikation im Einzelhandel	Nagel	2012
mp3-Standard	Nutzung digitaler Medien für Musikspeicherung	Weisshaupt	2006
Automobil	Ablösung Pferdekutschen	Geels	2007
Düsenjetantrieb	Ablösung Propellerflugzeuge	Geels	2007
Stempeluhr	Schlüsseltechnologie des Industriezeitalters	Mohr	2015
Abwassersystem	Ablösung Klärgruben/Kloake	Geels	2013
Dezentrale Micro-Smart Grids	Ablösung zentrales Energiesystem	Geels	2013
3D-Druck + dezentrale Fertigung	Ablösung globaler Produktionsketten	Geels	2013

Tabelle 2.2: Beispiele für Systeminnovationen in der untersuchten Literatur

Historische und von ihm empirisch untersuchte Beispiele sind dabei der Übergang von Segelschiffen zu Dampfschiffen, der Wandel von Pferdekutschen zum Automobil oder die Durchsetzung von Düsenantrieben gegenüber Propellermaschinen in der Luftfahrt. Ebenso sind auch einschneidende Veränderungen wie die Neolithische Revolution (Beginn produzierender Wirtschaftsweisen) oder die Industrialisierung zu nennen. Für Geels stellt die Vision einer nachhaltigen globalen Entwicklung aktuell dabei die größte Herausforderung und damit ein neues transdisziplinäres Forschungsfeld dar.

Dies belegte bereits 2011 das Hauptgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen (WBGU), der den Strukturwandel des fossilen ökonomischen Systems international als 'große Transformation' im Umbruch sieht [Schellnhuber, 2011]. Ihnen gemeinsam ist die Systemperspektive der Transformation, also eine Kombination von technischer, sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Veränderung in diesem Prozess. Oft lässt sich ein technologieinduzierter Wandel in den Beispielen erkennen und somit die Hypothese erstellen, dass die Relevanz von Systeminnovationen mit dem Reifegrad des technischen Fortschritts korreliert. Im nächsten Schritt soll hierzu der Bezug zur Stadt als System aus technisch-räumlichen Teilsystemen (vgl. Infrastrukturen) untersucht werden.

2.4.3 Städte als Reallabore für Systeminnovation

In der deutschsprachigen Fachliteratur wird 2013 erstmals die Stadt als Reallabor für (nachhaltigkeitsorientierte) Systeminnovationen definiert, was vermuten lässt, dass der Innovationsbegriff in vorangehender Literatur der räumlichen Planung auf einer unvollständigen Begriffsdefinition beruhte [Schneidewind, 2013]. Umso relevanter scheint es abzugrenzen, in welchen städtischen Systemen bzw. Infrastrukturbereichen seither Systeminnovationen beschrieben werden. Rammler ist einer der ersten, der bei dem Themenkomplex Elektromobilität durch die vielschichtigen, ineinander verschränkten und interdependenten Zusammenhänge zwischen der Technologie, ihrer Nutzung, damit einhergehenden Geschäftsmodellen und anverwandten Problemlagen der Stadtplanung, Ressourcenverfügbarkeit und politischer Steuerung als Systeminnovation spricht [Rammler, 2011].

Für ihn steht dabei die Technologie selbst nicht im Vordergrund, sondern klar der resultierende Effekt im urbanen System bei einer flächendeckenden Einführung elektromobiler Fortbewegung als Überwindung des verbrennungsmotorischen Lock-In-Effekts. Eine ähnliche Position nimmt Eckhardt ein, der nachhaltige urbane Mobilität als Systeminnovation beschreibt, die kein Akteur alleine umsetzen kann und die mehrere Lösungen gleichzeitig erfordert [Eckhardt, 2015]. Er bezieht sich dabei bewusst auf die Kombination von elektrischer und geteilter Mobilität, welche den Ansatz von Rammler inhaltlich um die Ebene des Car-Sharing erweitert. Als zentraler Akteur sieht er dabei heutige Stadtverwaltungen für die Umsetzung mitverantwortlich, ein Ansatz, den auch Burmeister bei zentralen Systeminnovationen wie die Mobilitäts- und Energiewende sekundiert, die für ihn auf städtischer Ebene eingeleitet und wesentlich von und in Städten bewältigt werden müssen [Burmeister, 2016].

Auch wenn Reiß-Schmidt nicht explizit von Systeminnovationen spricht, sieht er technische, gesellschaftliche und räumliche Veränderungen in den letzten Jahrzehnten erheblich beschleunigt mit steigender Tendenz [Reiß-Schmidt, 2016]. Angesichts von mehr und mehr disruptiven Innovationen, die einen Bruch mit vorher bestehenden Technologien oder Organisationsstrukturen bedeuten, nehmen diese damit gegenüber

evolutionären Veränderungen zu. Darauf muss sich das System Stadt und damit die moderne Stadtentwicklungsplanung einstellen [Braun, 2021]. Dies spricht für ihn vor allem gegen die Unterschätzung sozialer Wirkungen auf technische Innovationen, deren Effizienzgewinne durch Bumerang-Effekte rasch zunichte gemacht werden können.

Konkreter Handlungsdruck entsteht für sie durch den anhaltenden technologischen Fortschritt, z.B. im Kontext von 'Smart Cities' [Richter, 2014]. Dieser stellt damit eine wichtige Determinante dar, um die sozialen Veränderungsprozesse menschengerecht, mobilitätssicher, ressourceneffizient und krisenfest zu gestalten [ebd.]. Dabei steht der nachhaltige Einsatz von derartigen Systeminnovationen in Städten noch aus, dürfte aber bereits begonnen haben. Für sie können Systeminnovationen angesichts globaler Herausforderungen die Basis für neue Urbanisierungsszenarien bilden, die den Einsatz von bisher eher technologisch begründeten Innovationen unter Berücksichtigung sozialer Verantwortung abbilden und gleichzeitig tragfähige Geschäftsmodelle und Lebenszyklen darstellbar machen [ebd.].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Bezug von Systeminnovationen auf Ebene der Stadt als zentralem Handlungsfeld bisher nur vereinzelt aufgestellt wird. Zwar werden in Literatur und Praxis Themenkomplexe wie Elektromobilität, nachhaltige urbane Mobilität, die Energiewende oder die Transformation zur 'Smart City', also der digitalisierten und vernetzten Stadt, als Systeminnovationen aufgeführt, allerdings ohne konkrete Benennung von transformativen Rahmenbedingungen und Maßnahmen zur Operationalisierung. Reallabore gemäß der Definition von Schneidewind stellen dabei die 'Gefäße' oder Umgebungen dar, die möglichst als Basis für systemische Innovations- und Veränderungsprozesse dienen sollen (vgl. Kapitel 2.3).

2.4.4 Ansätze urbaner und modellbasierter Systemgestaltung

Im Anschluss an die definitorische Eingrenzung von Städten als Reallabore für sozio-technische Innovationsdiffusion stellt sich die Frage nach dem operativen Management und der gezielten Gestaltung solcher Veränderungsprozesse. Während im betrieblichen Innovationsmanagement spätestens seit den achtziger Jahren [Drucker, 1964] umfassende Metriken, Methoden und Prozesse zur Steuerung im Unternehmen und in kooperativen Netzwerken (vgl. Open Innovation) vorliegen, scheint dies für urbane Domänen weitgehend offen. Dabei helfen Innovationsmethoden, aus Umweltveränderungen erfolgreiche Ideen, Strategien & Veränderungen abzuleiten [Hosang, 2021].

Das bereits eingeführte Konzept des Reallabors hat sich als eine essentielle Innovationsmethode in mehr und mehr Städten etabliert, um den Innovationsprozess für und zwischen allen beteiligten Akteuren von Herstellern bis Endnutzern mit Fokus auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und potenzielle Nutzer zu unterstützen [Stählbröst, 2012]. Dabei steht für viele vor allem die Nutzerzentrierung als 'Innovations-Pull' methodisch im Vordergrund [Andonova, 2019].

2 Literaturanalyse und theoretische Grundlagen

Eine weiterführende Entwicklung zur ganzheitlichen Beschreibung urbaner Innovationssysteme stellt die 'Urban Anatomy' des Barcelona City Protocols (siehe Abbildung 2.7) dar mit folgenden Eigenschaften [Guallart, 2015]:

- zeitlos, d.h. kompatibel mit allen Siedlungstypen in der Geschichte der Menschheit,
- akulturell, d.h. gültig für alle Kulturen und Stadttypen,
- maßstabslos, d.h. gültig für Großstädte, Gemeinden und Dörfer sowie
- generisch, d.h. alle Siedlungen sind Bestandteil dieser Struktur.

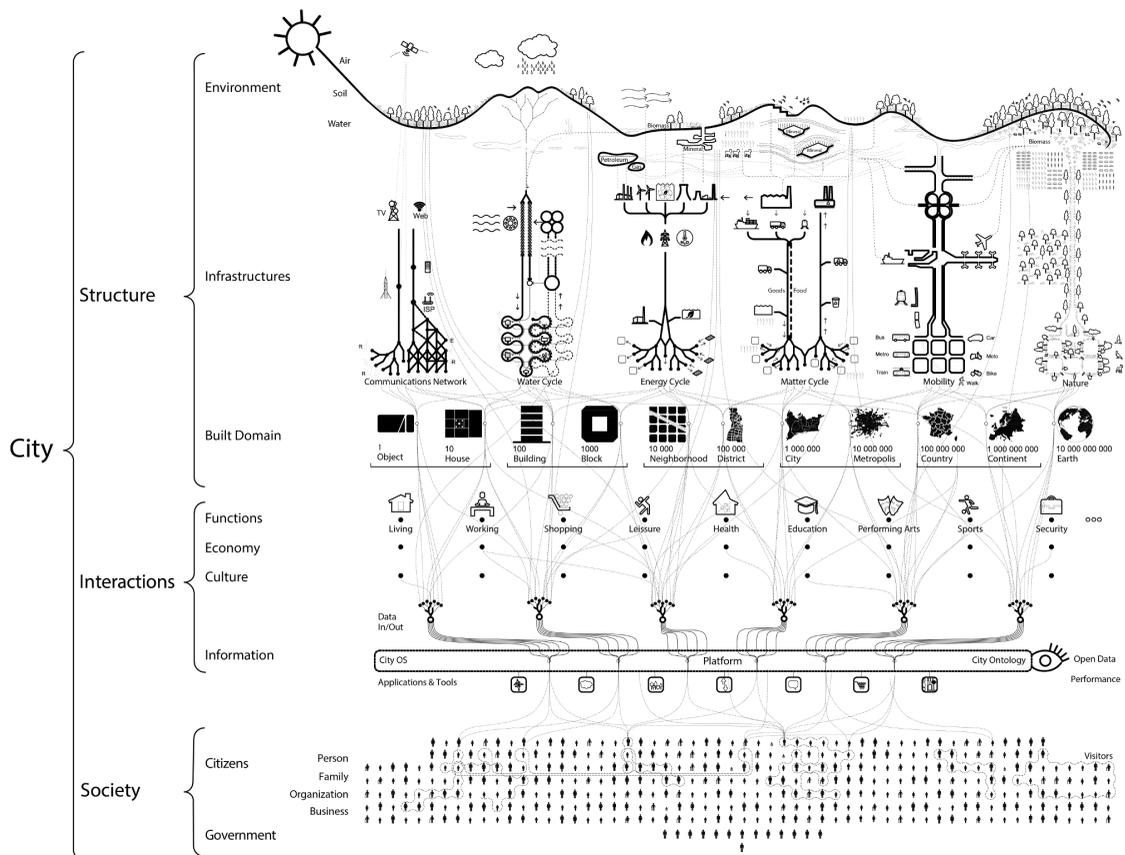


Abbildung 2.7: Barcelona City Protocol als 'urbane Anatomie' mit den Ebenen Struktur (I), Interaktion (II) und Gesellschaft (III) [Westrad, 2019]

Das 'City Protocol' stellt dabei eine gemeinsame Systematik oder semantisches Referenzmodell urbaner Innovation dar, der stadtzentrierte Lösungen zum Vorteil der Stadtbevölkerung und der lokalen Lebensqualität unterstützt [ebd.]. Angesichts technologischer Sprünge im urbanen System stellt sich die Frage nach kombinierter institutioneller Innovation und referenzieller Modelle, die Fortschritt als technologischen,

partizipativen und regulatorischen Prozess in einer Quadruple-Helix verstehen [Carayannis, 2009]. Hierzu besteht in der urbanen Praxis ein wachsendes Spektrum an praktischen Innovationsmethoden und -instrumenten wie OpenData-Portale, zivilgesellschaftliche Stadtlabore, Hackathons, Experimentierräume, Innovationswettbewerbe, Verwaltung-Forschung-Kooperationen oder 'Urban Data Science' [Knudsen, 2020].

Neben dem zunehmendem Reifegrad von Methodologien für urbane Innovationen bedarf es parallel dazu bedarfsgerechter Modelle und Kompetenzen zur aktiven Gestaltung in komplexen urbanen Systemen wie Verkehr, Energie, Wohnen oder Kommunikation. Eine wichtige Aufgabe kommt dabei einer multi-technologischen Systemgestaltung (Systems Engineering) zu, da in Städten oftmals eine 'Co-Evolution urbaner Technologien' stattfindet [Geels, 2005b]. Kompatibilität, Vernetzung und Co-Entwicklung stellen dabei neue emergente Merkmale moderner Diffusionsforschung dar, bei der eine einzelne Innovation kaum mehr als geeignete isoliert zu betrachtende Bezugsgröße gesehen wird. Im Bereich der komplexen Produkt- und Softwareentwicklung hat sich hierbei in den letzten Jahren das 'Model-based Systems Engineering' (MBSE) als neuer und vielversprechender Lösungsansatz etabliert (siehe Abbildung 2.8).

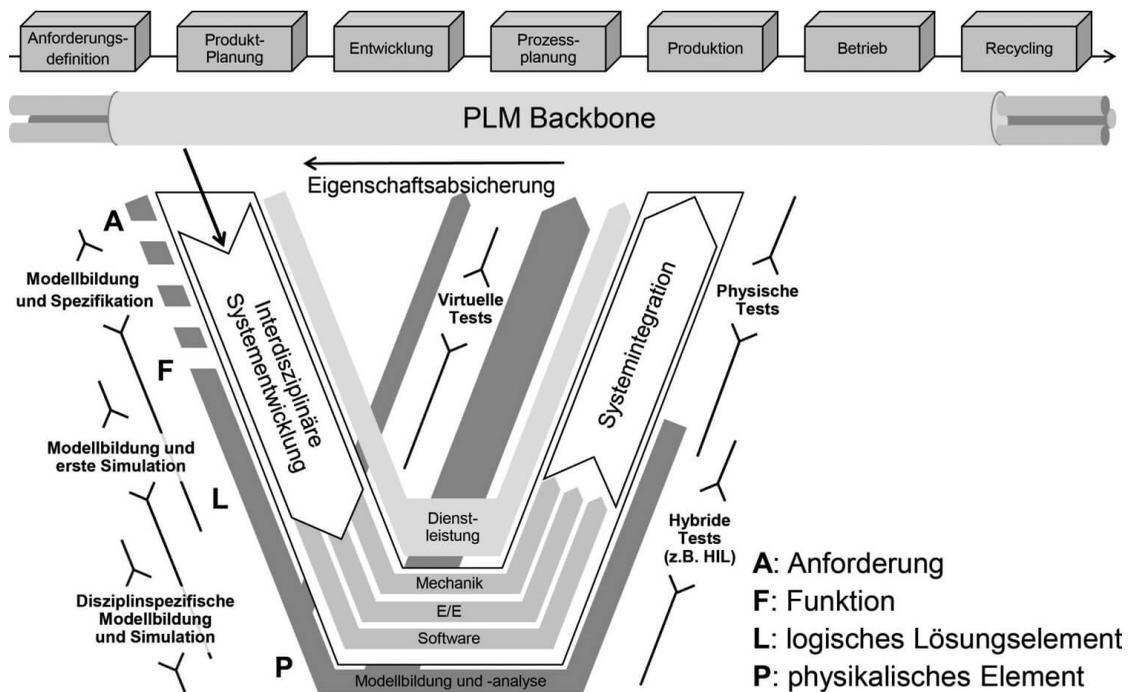


Abbildung 2.8: Erweitertes V-Modell für MBSE [Eigner, 2021]

MBSE ist die formalisierte Anwendung von Modellen zur Unterstützung von Systemanforderungs-, Design-, Analyse-, Verifikations- und Validierungsaktivitäten in der De-

signphase und über den kompletten Entwicklungsprozess [Eriksson, 2018; Lünemann, 2022]. Erste Anwendungen finden sich hierbei auch im Bereich urbaner Systemgestaltung, die auf der Modellierung mittels systemischer Modelliersprachen (SysML) und OMG-Standards basieren [Zwemer, 2019]. Als Herausforderung verbleibt jedoch die Charakteristik von Städten als wahrscheinlich komplexeste Struktur aller sozio-räumlichen Systeme, weshalb Modellierungsansätze komplexer Systeme zunehmend Eingang in urbane Domänen finden [Goh, 2016].

Zusammenfassend ist in diesem Teilkapitel festzustellen, dass in neuerer Zeit ein wachsendes Verständnis für strukturierte Innovations- und Gestaltungsmethoden im urbanen System entsteht. Dies beginnt bei Formaten wie Reallaboren zur Unterstützung von Innovationsprozessen für Veränderung in der Stadtentwicklung über strukturelle Ontologien bis hin zu modernen Engineering-Ansätzen.

Dabei stellt sich jedoch die Forschungslücke dar, inwieweit hierbei universelle oder zumindest vereinfachte Prinzipien vorhanden sind. Mögliche Lösungsräume könnten hierbei in formalen Methoden zum Gestalten von Systemen (vgl. Design Research) liegen, wie sie bei musterbasierten Evolutionsprinzipien technischer Systeme oder axiomatischen Prinzipien bestehen [Altschuller, 1986; Suh, 1990].

2.5 Musterbasiertes Entwerfen und Wissensentdeckung

Im folgenden Abschnitt wird basierend auf der Definition von Innovation als Gestaltungsprozess hierfür der Stand von Forschung und Praxis zu musterbasierten Entwurfs- oder Problemlösungsansätzen in verschiedenen Disziplinen untersucht und aufbereitet. Ziel der multidisziplinären Literaturanalyse ist es, mögliche Erkenntnisse und Problemdefinitionen für das Forschungsfeld urbaner Systeminnovationen zu identifizieren.

Ausgehend von der Erkenntnis der bisherigen Literaturanalyse, dass Innovationen wiederholt Antworten beziehungsweise Lösungen auf vorhandene Probleme oder Bedarfe sind, besteht ein wichtiger Schritt in der Herangehensweise an die Problemlösung. Zur Eingrenzung der Forschungsstrategie sollen hierzu die Potenziale musterbasierter Entwurfsansätze auf den Bereich urbaner Innovationsprozesse erfasst und nachvollzogen werden. Der Begriff des Musters (engl. 'pattern'), wie er heute in verschiedenen Ingenieur- und Technologiedomänen verwendet wird, wurde bereits in den siebziger Jahren durch den Architekten Christopher Alexander im Bereich des Hausbau und der Stadtplanung geprägt [Breitenbüchner, 2016].

Ein Muster beschreibt demnach die bewährte Lösung eines häufig in einem bestimmten Kontext auftretenden Problems in abstrakter Form, wodurch konzeptionelles Wissen, 'Know-How' und 'Best Practices' generalisiert werden können [ebd.]. Dadurch kann bewährtes Wissen unabhängig von konkreten Technologien und spezifischen Anwendungsfällen dokumentiert, wiederverwertet und angewendet werden [Alexander, 2013].

Alexander beschrieb in seinem Buch 253 solcher Muster, die in der Architektur und Stadtplanung räumliche Fragestellungen definieren, z.B. die Funktion einer Treppe oder die Bedeutung eines öffentlichen Platzes. Muster dienen für ihn zur Beschreibung typischer Problemlösungen, die sich für Herausforderungen des Alltags in Organisationen als erfolgreich erwiesen haben [Stark, 2010]. Sie beschreiben implizites (manchmal auch verdecktes) Wissen über das Funktionieren eines sozialen Systems. Muster basieren auf der Erfahrung vieler und der Entwicklung eines 'practical body of knowledge', dem Wissen, wie bestimmte Problemstellungen erfolgreich bearbeitet werden können [ebd.].

2.5.1 Architektonische Entwurfsmuster

Christopher Alexander, Architekturtheoretiker und -professor, geboren 1936 in Wien, schuf eine Mustersprache bestehend aus einer Sammlung von 253 Entwurfsmustern für den Entwurf von komplexer Architektur, beginnend mit der Region, über die Stadt oder das Stadtquartier, bis hin zum konkreten Gebäude und seinen Ausstattungsdetails [Buschmann, 2000]. In der modernen Architektur des 20. Jahrhunderts war Christopher Alexander der erste, der klassische Prinzipien für die Planungspraxis neu interpretierte und klassifizierte [Donath, 1998]. Dabei beruft er sich auf historische Architektur, wie verschiedene Autoren statieren: Der römische Architekt und Schriftsteller Vitruv schrieb in seinem Buch 'De architectura', dass die Architektur auf drei Grundsätzen basiert: Stabilität, Anmut und Nützlichkeit [Grechenig, 2010]. Zemanek sieht ebenfalls eine direkte Fortführung von Vitruvs Ansätzen zur Verallgemeinerung von Architektur durch Alexanders Theorien in 'Notes on the Synthesis of Form' [Zemanek, 1992].

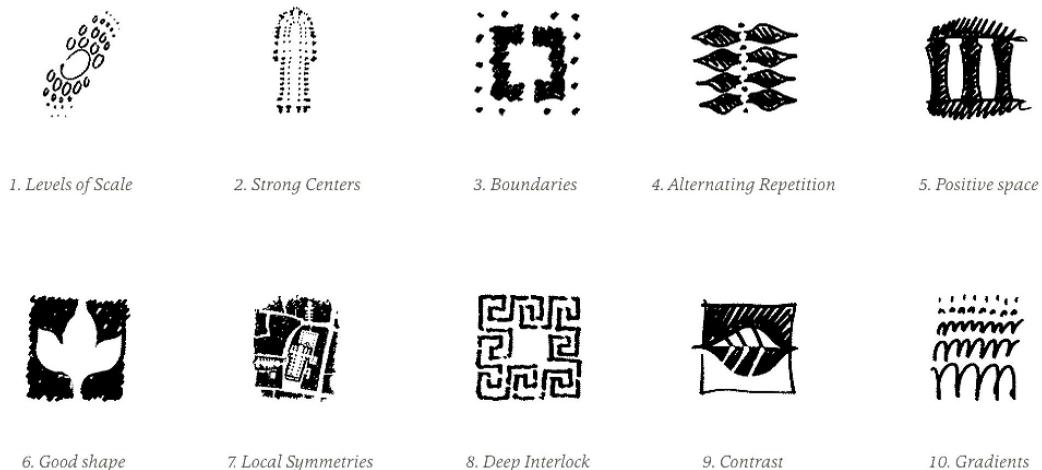


Abbildung 2.9: Architektonische Prinzipien für Ganzheitlichkeit [Alexander, 2013]

Alexander legte dabei Wert darauf implizites Entwurfswissen in 'kanonischer Form' (siehe Abbildung 2.9), d.h. mit klar definierten Eigenschaften, zu dokumentieren und damit Orte zu schaffen, die eine hohe und vor allem umfassende Qualität aufweisen

[ebd.]. Seine Mustersprache entwickelte Christopher Alexander aus den Strukturen von Architektur und Kunst, die sich in 15 'Eigenschaften lebendiger Systeme' zusammenfassen ließen und reine Formkriterien darstellen (unter anderem Abstufung in Größen, lokale Symmetrien, abwechselnde Wiederholung, positiver Raum, Formschönheit etc.). Diese Grundelemente seien 'Zentren', die ihrer ganzheitlichen Gestalt, dem 'lebendigen System' gegenüber zu stellen seien [Pfreundschuh, 2017].

Donath schreibt, dass keiner wie Alexander versuchte, einfache, generische Formen und Beziehungen herauszufinden, die gewöhnlich in den meisten Gemeinschaften zu finden sind, aus einem sozialen Gefüge heraus gewachsen sind und von den meisten Menschen einfach zu verstehen sind [Donath, 1998]. Alexander suchte in seinen Werken nach einer Sprache aus archetypischen Formen und Beziehungen, die den zeitlosen Architekturen von traditionellen Gemeinschaften entsprechen. Die gefundenen Ableitungen der Entwurfsmuster oder Archetypen rührten vielfältig von Beobachtungen 'guter' Architektur ab (alte englische Universitäten, italienische Dörfer, orientalische Tempel, ...) [ebd.]. Durch den neuartigen Ansatz im Prozess des Entwerfens hat Alexander hierbei auch Kritik auf sich gezogen, die sich allerdings weniger auf die Theorie selbst, als auf die Beschreibungen zum Entwurfsprozess beziehen. Dennoch galt laut Kühn die Theorie nach Erscheinen als 'eklatanter Misserfolg', als veraltetes oder sogar reaktionäres Konzept in der Architekturszene [Kühn, 2009]. Die Interpretation seines Werks lässt sich dabei auch als 'Frontalangriff auf die professionalisierte Form der Architekturproduktion' auffassen. Für Alexander war es ein zentrales Ziel, durch die Strukturierung und Externalisierung von Entwurfswissen den Nutzer viel stärker in den Prozess einzubeziehen, ihm 'die Macht über die Gestaltung der Umwelt zurückzugeben' und im Idealfall ohne professionalisierte Planer und Entwerfer zu funktionieren [ebd.].

Während sich die konsequente Umsetzung von Entwurfsmustern in der Architektur der damaligen Zeit und Moderne eher als schwierig oder unpraktikabel darstellte, wurde dies im aufkommenden Bereich der Software-Entwicklung in den achtziger und neunziger Jahre deutlich anders gesehen.

2.5.2 Software-Entwurfsmuster

In der Fachliteratur finden sich seit den achtziger Jahren zahlreiche Adaptionen von Alexanders Überlegungen im Bereich der Softwareentwicklung, der Entwicklung von Lehrmethoden, Geschäftsmodellentwicklung oder auch sozialer Verhaltensprinzipien. Besonders im Bereich der Softwareentwicklung wurde die Idee dankbar aufgenommen und hat bis heute wesentlich zur Entwicklung von Nutzerinteraktion (z.B. bei Internetseiten), der objektorientierten Programmierung oder für ganze Softwarearchitekturen (vgl. Klassen, Bibliotheken, Routinen etc.) beigetragen [Iba, 2015].

Auch wenn je nach Domäne die Hintergründe unterschiedlich sind oder waren, zeigen sich doch gemeinsame Probleme bzw. Beweggründe für die Auseinandersetzung mit

Entwurfsmustern oder Mustersprachen/-katalogen. Wolf Brüning benennt im Kontext der Softwareentwicklung die folgenden Vorteile [Brüning, 2014]:

- Reduktion von Komplexität bei komplexen Aufgabenstellungen bzw. hoher Variantenvielfalt an Lösungen
- Verbesserte Kommunikation zwischen Entwurfsbeteiligten, z.B. Nutzer und Entwickler
- Verbesserte Prozessqualität durch gemeinsamen Standard bzw. Grammatik im Entwicklungsprozess
- Integrierte Prüfmechanismen zur Validierung von Mustern und deren Weiterentwicklung
- Vereinheitlichung von Lösungsansätzen und Verständnis für Außenstehende

Douglas Schuler dagegen benennt folgende Vorteile bei der Anwendung von Mustersprachen in der Lösung von Problem bzw. Herausforderungen, die im Vergleich eher konsensorientiert sind [Schuler, 2014]:

- Sie beschreiben aktuelle Phänomene und zeigen eine Vision auf.
- Sie integrieren Wissen aus verschiedenen Quellen bzw. Domänen.
- Sie verbinden Theorie und Praxis.
- Sie unterstützen (in Echtzeit) bei der Vermittlung von Ideen und Handlungen in einer Gruppe von Personen
- Sie legen weder zu viel noch zu wenig Regeln fest.

In der neueren Literatur werden in der Software-Entwicklung zwischen 'design patterns' (Entwurfsmuster) und 'architectural patterns' (Architekturmuster) unterschieden [Ufer, 2008]. Gemäß der Einordnung von Buschmann und Ufer beschreiben sie Strukturierungsprinzipien zur Organisation von Software-Systemen, also Subsysteme mitsamt deren Verantwortungsbereichen und Regeln zur Organisation der Beziehungen untereinander [Buschmann, 2000].

Eines der wegweisenden Werke in der Software-Entwicklung ist das 1994 von Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson und John Vlissides herausgegebene Buch über wiederverwendbare Entwurfsmuster für objektorientierte Programmiersprachen [Gamma, 1994]. Die nachfolgende Abbildung (siehe 2.10) zeigt die Übersicht der ursprünglichen Muster-Prototypen in Klassen und Objekten in drei Kategorien. Die in der Szene auch als 'Gang of Four' (GoF) benannten Autoren führen hierbei erstmals 23 Muster ein, die in die Bereiche Erzeugungsmuster (Erzeugung von Objekten), Strukturmuster (Vereinfachung der der Struktur zwischen Klassen) und Verhaltensmuster (Zusammenarbeit von Objekten) unterteilt sind.

		Purpose		
		Creational	Structural	Behavioral
Scope	Class	1. Factory Method	1.1. Adapter(class)	1. Interpreter 2. Template Method
	Object	2. Singleton 3. Prototype 4. Builder 5. Abstract Factory	1.2. Adapter(object) 2. Proxy 3. Flyweight 4. Composite 5. Bridge 6. Facade 7. Decorator	3. Observer 4. Strategy 5. Command 6. Iterator 7. Memento 8. State 9. Mediator 10. Visitor 11. Chain of Responsibility

Abbildung 2.10: Entwurfsmuster in Klassen und Objekten [Gamma, 2004]

Mittlerweile finden sich in der Literatur und Praxis weit über 1.000 Sub-Muster in der Software-Entwicklung, die auf den ursprünglichen 23 Mustern der GoF basieren und mit denen der Erfolg von und die Inspiration für standardisierte Entwurfsregeln bis zur heutigen Zeit nachvollziehbar scheint [Meffert, 2006].

2.5.3 Geschäftsmodell- und Innovationsmuster

Unabhängig von den genannten Stufen finden sich in der Literatur auch musterbasierte Ansätze in der betriebswirtschaftlichen Entwicklung von Geschäftsmodellen und Geschäftsmodell-Innovationen. Forscher der Hochschule St. Gallen haben im BMI Lab eine Methode entwickelt, die auf 55 Geschäftsmodell-Mustern beruht und aus 250 Geschäftsmodellen von ausgewählten Unternehmen der letzten 25 Jahre identifiziert wurden.

Die nachfolgende Grafik (siehe Abbildung 2.11) visualisiert dabei zwanzig charakteristische Geschäftsmodell-Muster entlang ihrer zeitlichen Verwendung in unterschiedlichen Unternehmen sowie Branchen und zeigt Prinzipien wie Imitation und Rekombination bewährter unternehmerischer Prinzipien seit dem Jahr 1940 bis etwa 2010 auf. Jeder Knoten repräsentiert dabei eine Innovation, d.h. die erstmalige oder wiederholte Anwendung eines Geschäftsmodell-Musters in einem Unternehmen. Beispielhaft werden zur Erläuterung zwei der identifizierten Muster [Gassmann, 2015] aufgeführt:

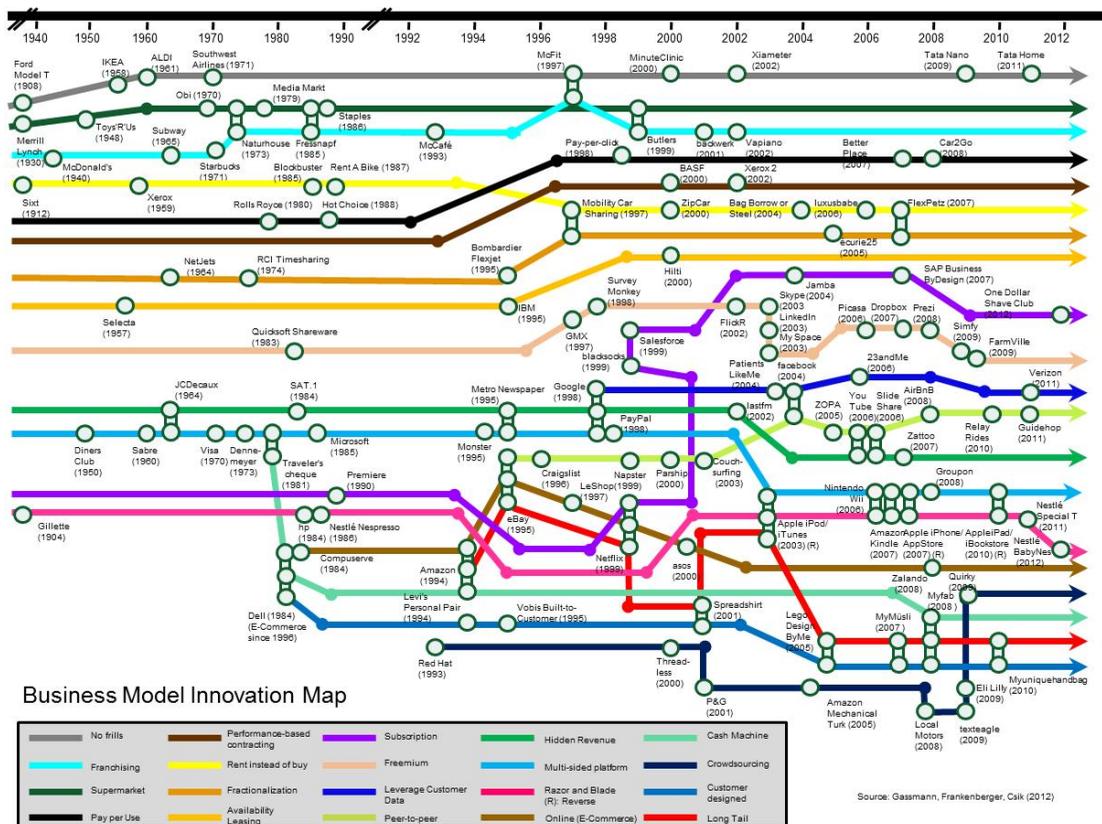


Abbildung 2.11: Business Model Innovation Map [Csik, 2014]

- Muster *Add-on* gefunden bei Ryanair (1985), SAP (1992) und Sega (1998) = *günstiges Kernprodukt oder -dienstleistung mit zusätzlichen optionalen Extras, Kunden profitieren von flexiblem Produktumfang*
- Muster *Affiliation* gefunden bei Amazon (1995), Cybererotica (1994) und Pinterest (2010) = *Unterstützung anderer Unternehmen bei erfolgreichem Verkauf von Produkten, breiterer Marktzugang durch heterogene Vertriebsnetzwerke*

Hier zeigt sich, dass sich trotz einer hohen Diversität von Branchen (u.a. Luftfahrt, Hygiene, Unterhaltung) gemeinsame Muster bzw. Prinzipien in einer einheitlichen Logik identifizieren und validieren lassen. Gassmann et al. weisen nach, dass etwa 90 Prozent der Geschäftsmodell-Innovationen eine Rekombination oder Weiterentwicklung zuvor bestehender Konzepte sind [ebd.]. Eine zielführende Herangehensweise über einen musterbasierten Ansatz sehen sie aufgrund der identifizierten Barrieren bzw. Hemmnissen begründet:

- Kulturelle Trägheit und fehlende Bereitschaft zur Anpassung eines 'Erfolgsprinzips'

- Selbstzufriedenheit
- Rigide und starre Geschäftsprozesse
- Starker (nicht hinterfragter) Unternehmensglauben und 'Heilige Kühe' im Unternehmen
- Konservatismus und Angst vor (kurzfristigen) Profitverlusten
- Zugesicherte Investitionen und Unternehmensplanung
- Überheblichkeit des Managements
- Unflexible Gewohnheiten und Normen
- Übervertrauen in bewährte Praktiken
- Passives und kritisches Denken sowie schnelles Ablegen 'konfliktträchtiger' Informationen
- Sturheit und 'blinder Glaube' an vergangene Erfolgsprinzipien

Im Bereich des Innovationsmanagements von Unternehmen sind musterbasierte Lösungsansätze nur sehr begrenzt aufzufinden in der Literatur. Zwar beschreiben Malerba und Orsenigo bereits 1996 Ansätze zu Schumpeter'schen Innovationsmustern [Malerba, 1996], beziehen sich dabei aber stark auf technologische Aspekte von Innovationsprozessen in Unternehmen anhand von Patentdatenbanken (z.B. Konzentration und Asymmetrien von Innovationsmaßnahmen zwischen Unternehmen, Unternehmensgröße, Hierarchische Veränderung von Innovatoren, relative Relevanz neuer Innovatoren).

Miles hat 2008 die Eigenschaften von Innovationsprozessen in Dienstleistungsindustrien (konkret: technology-based, knowledge-intensive business services (T-KIBS)) untersucht und dabei eine hohe Korrelation von technologischen und organisatorischen Innovationen festgestellt [Miles, 2008]. In 2014 beschreiben Parmar et al. in der Harvard Business Review erstmals das Aufkommen neuer Innovationsmuster neben etablierten wie kompetenzbasierten, kundenbasierten oder wettbewerbsbasierten Unternehmensstrategien [Parmar, 2014]. Für sie stellen datenbasierte Ansätze basierend auf großen Unternehmensdatenmengen ein neues Spielfeld zur Positionierung von Unternehmen in einem globalen Wettbewerb dar. Hierzu definieren sie fünf Muster als übergreifende Prinzipien [ebd.]:

- Muster 1: Produkte erweitern, um Daten zu generieren
- Muster 2: Vermögenswerte digitalisieren
- Muster 3: Kombinieren von Daten innerhalb und über Branchen hinweg

- Muster 4: Datenhandel
- Muster 5: Kodifizierung einer unverwechselbaren Dienstleistungskapazität

Alle skizzierten Ansätze stellen mehr oder weniger übergreifende Strategien zur Reduktion von Komplexität, zur Nachvollziehbarkeit von Strukturen oder zum Aufzeigen wiederkehrender Prinzipien in der Unternehmensentwicklung dar. Es ist aber an dieser Stelle festzustellen, dass hier weniger Muster im klassischen Sinne für die Anwendung bei Entwurfsproblemen oder Produktentwicklung herangezogen werden, sondern diese trotz der Begriffsverwendung mehr eine analytische bzw. deduktive Funktion besitzen.

Einen direkten Ansatz zur Adaption von Alexanders Philosophie propagiert Fortino, der eine ‚Mustersprache für Innovationsmanagement‘ einführt [Fortino, 2008]. Laut ihm bietet sich ein gemeinschaftlicher Dialog von Technologiemanagern aus der Praxis und der Wissenschaft an, um Muster zu entdecken und diese als gemeinsame ‚Sprache‘ in der Praxis zu nutzen. Dabei bezieht er sich ausdrücklich auf den möglichen Nutzen ‚jahrhundertalter‘ Praktiken beim Umgang mit Technologien und Innovationen des 21. Jahrhunderts und sieht somit in der Universalität von Innovationsmustern einen wichtigen Beitrag zum kollektiven Umgang mit Erfahrungswissen [ebd.]. Hierzu schlägt er formale Beschreibungsmerkmale zur Festlegung von Innovationsmustern vor, die zu großen Teilen auf den Strukturen von Doug Lea und der Gang of Four basieren scheinen. Deskriptive Elemente eines Innovationsmusters sind demnach [Lea, 2002]:

- **Name of Pattern.** Usually several descriptive words in title case.
- **Context.** Background material that sets the stage for understanding the forces and problem. The statement of the context of the problem space and the pattern.
- **Problem.** The problem solved by the pattern.
- **Forces.** The architectural forces in tension behind the pattern
- **Solution.** The description of the pattern that resolves the tension in the forces
- **Resulting Context.** The specific context the pattern will operate in, as there may be other patterns to solve this problem with other parallel contexts.
- **Examples.** Some specific instantiations or applications of the pattern and how it resolves forces by solving the problem. Real-life examples.
- **Known Uses.** General class of problems the pattern can solve
- **Pattern Connections.** Other patterns in the language directly associated with this.

Die identifizierten Beschreibungsmerkmale aus der Disziplin des Innovationsmanagements stellen dabei eine geeignete Wissensstrukturierung für mögliche Ansätze urbaner

Innovationsprozesse dar. Im Umfang dieser Forschungsarbeit sollen dabei die wichtigsten Aspekte (Name, Kontext, Problembeschreibung, Beispiele, Verbindung zu anderen) verwendet werden und bei Bedarf später erweitert bzw. detailliert werden können (siehe Kapitel 6).

2.5.4 Evolution von Mustersprachen und -entdeckung

Das Denken in Mustern und Mustersprachen ist eine verhältnismäßig junge Disziplin der sich entwickelnden Wissensgesellschaft, die zeitlich recht parallel zu den Arbeiten des 'Club of Rome', den modernen Systemwissenschaften oder des 'Whole Earth Catalogue' entstand [Forrester, 1969; Turner, 2008]. Dabei etablierte sich zunehmend der Ansatz von Mustersprachen als strukturierende und zugleich offene Konfiguration im Zeitalter der beginnenden Digitalisierung. Sie strukturieren Wissen und bilden die Basis für Kommunikation über unterschiedliche Disziplinen hinweg [Leitner, 2015].

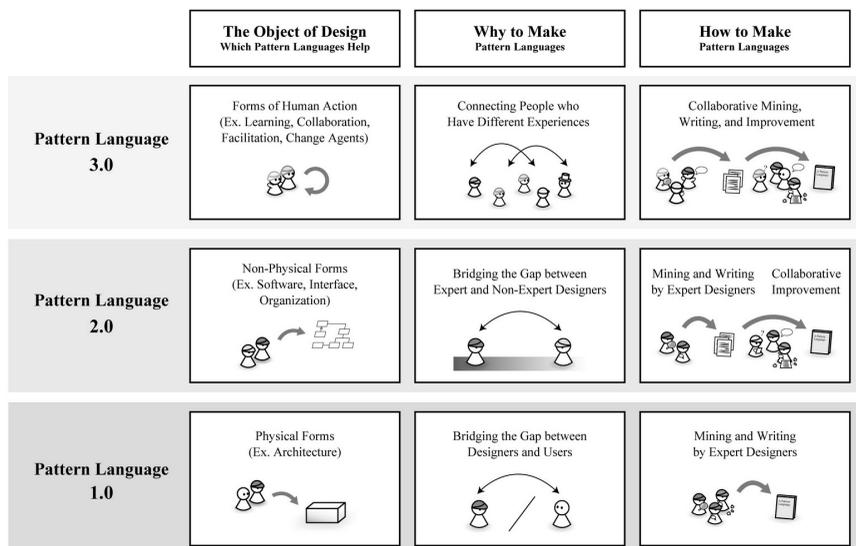


Abbildung 2.12: Evolution von Mustersprachen bis zur 3. Generation [Iba, 2015]

Da hierbei je nach Disziplin unterschiedliche Begriffsdefinitionen vorherrschen - von der Informatik als formale Sprachen bis zur Systemtheorie als fraktale Strukturen - soll im weiteren die einfache Definition von Cunningham im 'Portland Pattern Repository' dienen [Cunningham, 1994]: *'Eine Menge von Mustern wird zur Mustersprache, wenn jedes ihrer Muster, sobald es gelöst ist, zu mehr Mustern führt, die anschließend betrachtet werden sollten.'*

Der japanische Wissenschaftler Takashi Iba identifizierte zuletzt drei Generationen von Mustersprachen seit der Einführung des Konzepts Mitte der sechziger Jahre [Iba, 2015]. Diese sind weniger hierarchisch oder sequentiell zu verstehen, sondern definieren sich über drei grundlegende Design-Absichten:

- Gestaltung physischer Form (1. Generation),
- Gestaltung nicht-physischer Form (2. Generation) und
- Gestaltung menschlicher Interaktion (3. Generation).

In Ergänzung hierzu wurden von Finidori et al. die Gestaltung dynamisch-systemischer Formen wie Strukturen, Beziehungen und Effekte als vierte Generation eingeführt, die das obige Schaubild (siehe Abbildung 2.12) erweitern [Finidori, 2018]. Die dargestellte Übersicht (siehe Tabelle 2.3) zeigt hierzu die bisherige theoretisch-konzeptionelle Entwicklung von 'Pattern Mining'-Ansätzen für Mustersprachen aus der Literatur.

Autoren	Identifizierter Ansatz
Kerth und Cunningham (1997) und DeLano (1998)	<i>Introspektiver Ansatz / Individueller Beitrag:</i> Selbstbeobachtung und Analyse der eigenen Arbeiten, welche Vorgehensweisen erfolgreich waren oder nicht. Da es sich um einen die Ergebnisse erklärenden Ansatz handelt, ist eher von einem retrospektiven als von einem introspektiven Ansatz zu reden.
Kerth und Cunningham (1997) und DeLano (1998)	<i>Soziologischer Ansatz / Sekundärer Beitrag:</i> Beobachtung des Umfeldes und dessen Verhaltensweisen, Interviews mit Experten, die ihre eigenen Erfahrungen oder Muster beschreiben.
Kerth und Cunningham (1997)	<i>Gegenständlicher Ansatz:</i> Beobachtung und Analyse von Projektergebnissen. Viele von Alexanders Architekturmuster sind auf diese Weise entstanden. Auch viele der Software Design-Patterns haben diesen Ansatz zur Grundlage [Buschmann et al., 2007]
DeLano (1998)	<i>Pattern Mining-Workshops:</i> In Fokus-Gruppen bzw. Gruppendiskussionen werden die Erfahrungen von Experten gesammelt und zu Mustern zusammengefasst. Dabei werden bereits bei der Musterfindung unterschiedliche Sichtweisen auf die Sachverhalte deutlich [Kohls & Wedekind, 2008].
Iba (2011 und 2015)	<i>Holistic Pattern Mining:</i> Vorschlag eines neuen Prozesses zur aktorsorientierten Musterbildung (Pattern Language 3.0) durch Kombination der Teilschritte 1) Element Mining, 2) Visual Clustering und 3) Seed Making. Besonderes Gewicht legt er dabei auch auf die visuelle Gestaltung von Illustrationen einzelner Muster.

Tabelle 2.3: Übersicht zu generativen Ansätzen für Mustersprachen [nach: Cress, 2015]

Mustersprachen der vierten Generation stellen eine Erweiterung der bisherigen Theorien dar - in engem Bezug zur Adressierung komplexer gesellschaftlicher Herausforderungen, in denen natürliche, technologische, soziale und psychologische Faktoren verschränkt sind und emergente Phänomene erzeugen [Finidori, 2018]. Bereits Entwurfstheoretiker Horst Rittel hat diese komplexen Probleme aufgrund ihrer diffizilen Natur als 'bösaartig' beschrieben, da sie grundsätzlich nur unter Entstehung neuer Probleme zu lösen sind [vgl. Bieling, 2020].

Demnach kann das Denken in Mustern und eine 'Fähigkeit für systemische Muttersprachen' (eng. pattern literacy) in diesem Kontext eine entscheidende Rolle spielen, um komplexe Strukturen wie urbane Systeme zu erfassen, zu gestalten und zu beschreiben. Stadtsysteme und deren sozio-technische Veränderungsprozesse über Zeit stellen hierbei fast eine prototypisch ideale Herausforderung dar, die einen wesentlichen Bestandteil der vermuteten Forschungslücke ausmacht. Für Cress setzen Experten (selbstverständlich) Patterns ein – diese geben wiederkehrenden Strukturen Namen und Beschreibungen. Damit bilden Muttersprachen auch eine Taxonomie, in der die einzelnen Muster klassifiziert und deren Relationen erfasst werden [Cress, 2015].

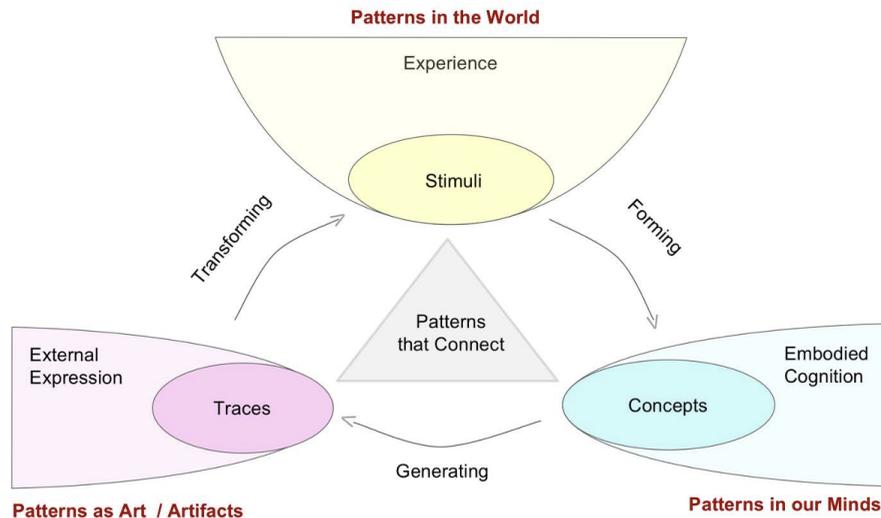


Abbildung 2.13: Muster als Verbindungselement zwischen Erfahrung (Stimuli), Spuren (Traces) und Kognition (Concepts) [Finidori, 2018]

Das obige Schaubild (siehe Abbildung 2.13) positioniert vermittelnde Muttersprachen in kognitiven und semantischen Wissensprozessen. Sie ermöglichen demnach den Transfer oder die Übersetzung zwischen Erfahrung, Spuren und Kognition in einer hochkomplexen Welt sowie zwischen unterschiedlichsten Disziplinen [Finidori, 2018]. Systemische Muttersprachen der vierten Generation versprechen somit neue Wege für Kompetenzaufbau und co-kreativer Zukunftsgestaltung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, ebenso eine mögliche Emanzipation von der unausbalancierten Vielzahl von Anwendern gegenüber einer sehr begrenzten Anzahl an Wissensträgern und Experten [ebd.].

2.6 Zwischenfazit von Defiziten und Erkenntnissen

Die in diesem Kapitel behandelten strukturellen und theoretischen Kontexte im System Stadt (Kapitel 2.2) über dessen Innovationspotenzial in der räumlichen Planung (Kapitel 2.3 - 2.4) bis zu musterbasierter Wissensentdeckung (Kapitel 2.5) sind zentrale Rahmenbedingungen für die Bestimmung der Forschungslücke und einem geeigneten Forschungsansatz zum methodischen Vorgehen. Die vollständige Quellenübersicht der untersuchten Literatur findet sich im Anhang.

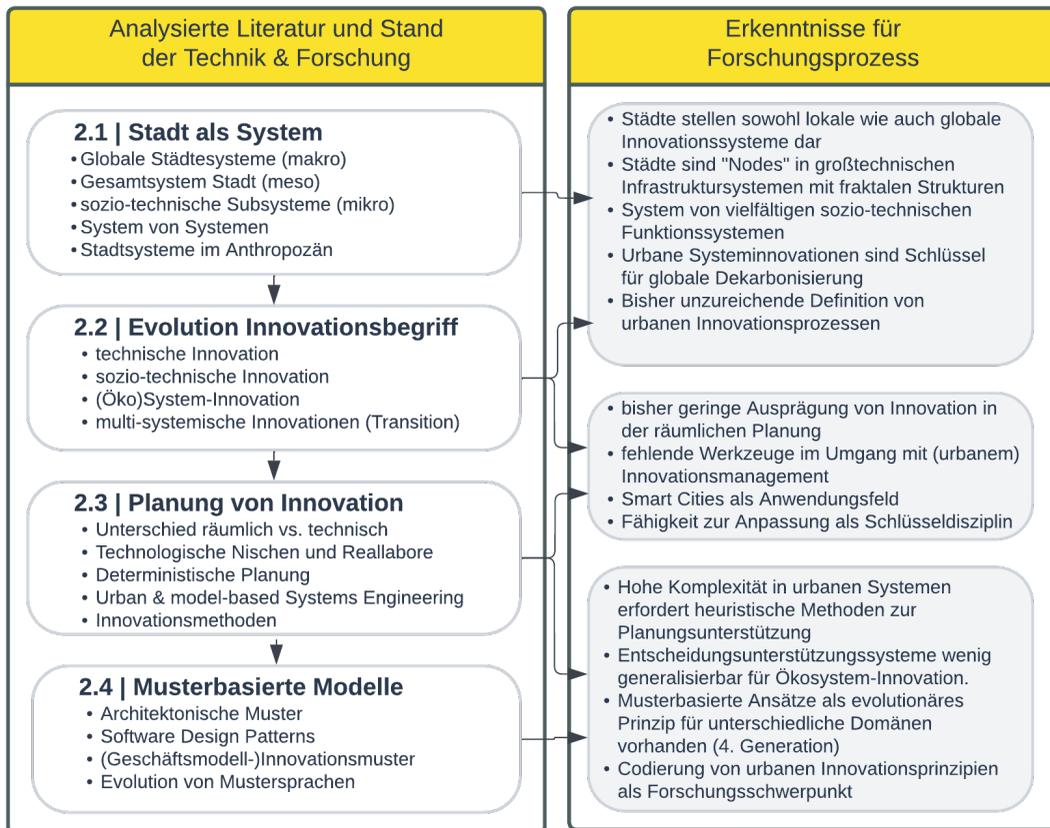


Abbildung 2.14: Übersicht der Literaturanalyse und gewonnene Erkenntnisse für den Forschungsprozess

In der dargestellten Übersicht (siehe Abbildung 2.14) sind die zentralen Ergebnisse der Literaturanalyse zusammengefasst:

- 2.1 | Der Begriff des Stadtsystems existiert bereits seit längerem, wurde aber meist in den Kontext von Städtesystemen auf nationaler oder globaler Ebene gesetzt. Relevant für gezielte systemische Veränderung hin zu einer nachhaltigen urbanen

Transformation ist dabei die Mikro-Ebene der funktionalen Subsysteme einer Stadt. Die Stadt stellt somit ein 'System der Systeme von Systemen' dar [Johnson, 2012], deren einzelne Komponenten noch unzureichend definiert sind (siehe Kapitel 3).

- 2.2 | Nachdem sich der Innovationsbegriff als dynamisches Konstrukt über Zeit darstellt, reift die Annahme, Innovationsprozesse im zuvor definierten urbanen System als neues Konstrukt in einem sozio-technisch-räumlichen Kontext zu definieren. Dies erweitert das urbane System zugleich als Innovationssystem und neues 'Instrument' für kurzfristige Problembewältigung als auch langfristige Gestaltungspotenziale angesichts von technologischem Fortschritt [Morley, 1980].
- 2.3 | Durch die anhaltende Beschleunigung von Technologieentwicklung und -anwendung und gleichzeitiger Co-Evolution [Geels, 2005b] steigt der Bedarf an neuen Formaten und Methoden zur Planung, Realisierung und Transformation urbaner Systeme. Reallabore als Innovationsmethodik sind Bestandteil eines 'New Normal', neue digital gestützte Ansätze ermöglichen Komplexitätsmanagement durch modellbasierte Planungsmethoden. Hier klafft jedoch eine Forschungslücke zwischen Theorie und Praxis.
- 2.4 | In Software-Engineering, Geschäftsmodellierung und Architektur finden sich seit längerem musterbasierte Entwurfsmethoden, die wiederkehrende Lösungsprinzipien, Komplexitätsreduktion bei komplexen Aufgabenstellungen oder verbesserte Kommunikation zwischen unterschiedlichen Disziplinen ermöglichen. Diese können in urbanen Transformationsprozessen dazu dienen, die Gestaltung von Systeminnovationen in komplexen urbanen Systemen zu verbessern und damit die Anpassungsfähigkeit in der Umsetzung zu erhöhen.

Zusammenfassend unterstützt die Literaturanalyse und -interpretation den Forschungs- und Entwicklungsbedarf für ein heuristisches Modell beziehungsweise Instrument zur Unterstützung der Gestaltung urbaner Innovationen. In der Theorie und erkenntnisorientierten Wissenschaft der untersuchten Fachgebiete bestehen bereits vereinzelte Erkenntnisse, die allerdings noch kaum den Weg mittels angewandter Forschung in die Praxis und Umsetzung gefunden haben.

Aufbauend auf dem prioritären Forschungsziel zur Beschleunigung und Wirkungsoptimierung von nachhaltigkeitsorientierten Innovationen in urbanen Systemen wird im weiteren Verlauf ein handlungsorientierter Forschungsansatz zur datengestützten Musterentdeckung (= Codierung von Wissen) formuliert, der dieses Ziel operationalisiert und geltende Anforderungen berücksichtigt.

3 Forschungsansatz 'Urban Innovation Pattern Mining'

Kapitel 3 setzt den konzeptionellen Rahmen für die explorative Entwicklung einer Mustersprache auf Basis der identifizierten Forschungslücke und dem Stand der Wissenschaft. Hierzu ist das Kapitel in fünf Teilschritte unterteilt: Es werden erstens urbane Innovation als Forschungsgegenstand definiert (Kapitel 3.1), zweitens das Modell zur Wissensentdeckung in Datenbanken (KDD) als Datenanalyseprozess eingeführt (Kapitel 3.2), drittens wissenschaftliche Rahmenbedingungen für ein exploratives Vorgehen festgelegt (Kapitel 3.3), viertens die forschungsleitenden Hypothesen beschrieben (Kapitel 3.4). Dabei werden die fünf Konstrukte Co-Evolution (A), Beschleunigung (B), Diffusionsmodell (C), Innovationsregimes (D) und Musterbildung (E) aus der Literaturanalyse herangezogen. Abschließend wird das 'Urban Innovation Pattern Mining' als neuartiger Forschungsansatz zur Anwendung abgeleitet (Kapitel 3.5). Hierzu erfolgt die Zusammenführung der einzelnen Komponenten für ein prototypisches Rahmenkonzept im rekursiven Forschungsprozess und als Basis für die anschließende Methodenentwicklung und -anwendung mittels des erweiterten CRISP-DM Modells in Kapitel 4.

3.1 Anforderungsanalyse an den Forschungsprozess

Der prototypische Ansatz des 'Urban Innovation Pattern Mining' soll die explorative Wissensgenerierung in Mustern sowie die zugehörige Strukturierung als Mustersprache für urbane Innovationen zum Ergebnis haben. Diese sollen auf hinreichend empirischen Daten möglichst großer Zeitintervalle der Stadtentwicklung aufbauen und mittels kombinierter qualitativer und quantitativer Forschung eine hohe Reliabilität für Theorie und Praxis erreichen. Hierfür wird zu Beginn eine Anforderungsanalyse mit dem Ziel durchgeführt, die Anforderungen an die Methodenentwicklung und -anwendung sowie die resultierenden Ergebnisse (= Mustersprache) zu ermitteln, zu konkretisieren, zu strukturieren und zu prüfen. Als Ergebnis werden die wesentlichen Parameter definiert.

Methodisch wurde zum einen eine umfassende Literaturanalyse durchgeführt, die wesentliche Anforderungen an Forschungsprozess und -ergebnis erkennen lässt; zum anderen wurden unstrukturierte Fokusgruppen [Henseling, 2006] mit mehreren Expertinnen und Experten als flankierende explorativ-qualitative Methode eingesetzt.

Daraus leiten sich die folgenden Handlungsebenen ab, wie sie auch im Bereich des Software Requirement Engineering üblich sind [Sommerville, 2012]:

3 Forschungsansatz 'Urban Innovation Pattern Mining'

- Level 1: Nutzer / Anwender / Community = Welche Anforderungen haben spätere Nutzer und die 'Praxis-Community'?
- Level 2: Domäne bzw. Anwendungsgebiet Stadt = Welche Anforderungen stellt die Domäne Stadt mit ihrer Komplexität und Vielschichtigkeit?
- Level 3: Generierung / Entwicklungsprozess = Welche Anforderungen resultieren aus der Mustergenerierung und dem mit verbundenen 'Pattern Mining'?
- Level 4: Funktion / Transformationsperspektive = Welche Anforderungen entstehen durch den Fokus auf urbane Nachhaltigkeits-Transformation?

Weitere Aspekte wie Systemanforderungen, Qualitätsattribute, Geschäftsanforderungen oder Schnittstellenanforderungen wurden nicht weiter berücksichtigt, da diese für das Forschungsziel weniger relevant sind [vgl. Wiegers, 2013]. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse sind in der nachfolgenden Grafik (siehe Abbildung 3.1) zusammengefasst:

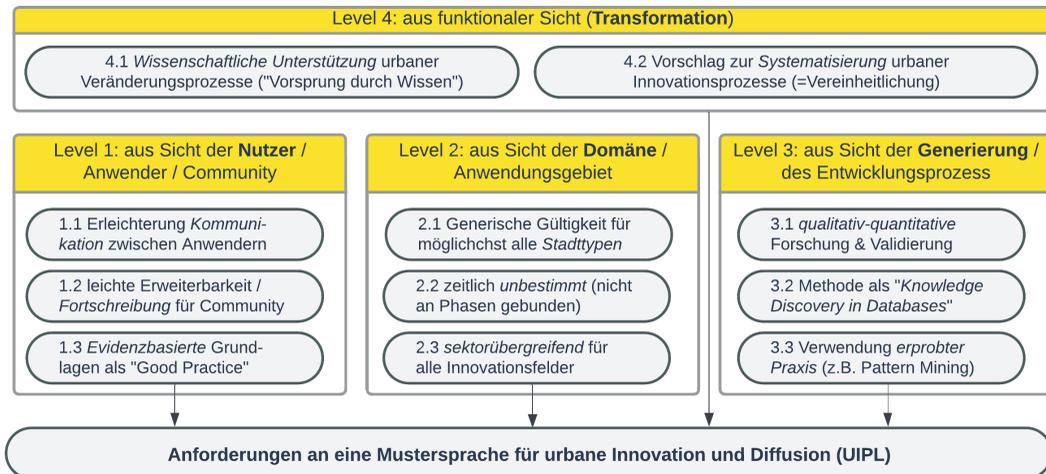


Abbildung 3.1: Beschreibung der wesentlichen Anforderungsfelder für Forschungsprozess zu musterbasierter Wissensgenerierung

In der Literatur finden sich bei Iba die wesentlichen Schritte für eine musterbasierte Wissensgenerierung [Iba, 2011]. Dieser schlägt als standardisierten Prozess die folgenden fünf Schritte vor: (1) *Pattern Mining*, (2) *Pattern Prototyping*, (3) *Pattern Writing*, (4) *Language Organizing*, und (5) *Catalogue Editing*. Charakteristisch für diesen Prozess, der durchaus non-linear und iterativ sein kann, ist das 'Mining' [Gabriel, 1996; DeLano, 1998] als Metapher. Diese versteht den zugrundeliegenden Forschungsprozess so, dass Muster in größeren Mustersprachen 'entdeckt' werden und nicht 'erfunden' [ebd.].

Somit leiten sich aus den oben genannten Anforderungskriterien und der Literatur die folgenden wesentlichen Prozessparameter für den weiteren Forschungsprozess ab:

- Einfachheit in der Nutzung
- Transdisziplinäre Anwendbarkeit
- Evidenzbasierte Grundlagen
- quantitativ-qualitative Forschungsmethoden
- Erweiterbarkeit durch Dritte

3.2 Herleitung und Definition urbaner Innovation

In diesem Teilkapitel erfolgt in Ergänzung zur prozessbezogenen Anforderungsanalyse eine initiale Fachdefinition für 'urbane Innovation' als neuartiges Konzept aufbauend auf der erfolgten Literatur- und Domänenanalyse. Dies stellt einen wichtigen Fixpunkt für die späteren forschungsleitenden Hypothesen (siehe Kapitel 3.5) und die anschließende Methodenentwicklung in Kapitel 4, vor allem im Bereich der Datenerfassung und -strukturierung, dar.

Technologieoffene Stadtentwicklung beschreibt im Folgenden die bedarfsgerechte Anwendung 'urbaner Innovation' als einen Veränderungsprozess der gebauten Umgebung, der sich auf jeweils unterschiedliche technologische Neuerungen einstellen kann. Als urbane Innovation werden zur Operationalisierung diejenigen Innovationen im städtischen Umfeld definiert, die direkten Einfluss auf technisch-räumliche Subsysteme einer Stadt (z.B. Smart Parking als Einfluss auf Flächennutzung des ruhenden Verkehrs) haben [Kersting, 2017; Braun, 2021].

In der Literatur finden sich erste Indizien, welche Merkmale systemische Innovationen, die für eine Stadt in ihrer Wirkung für Raum, Funktionen und Prozesse relevant sind, aufweisen können [ebd.]. Matern definiert technische Neuerungen in Infrastrukturen so, dass sie Skalensprünge in der Dichte oder der Ausdehnung von urbanen Räumen ermöglichen [Matern, 2016]. Als historische Beispiele nennt sie für diesen technologischen Wandel etwa die Gaslaternen, die in deutschen Großstädten im späten 19. Jahrhundert durch die elektrische Beleuchtung ersetzt wurden oder elektrische Straßenbahnen, die Pferdebahnen als öffentliches Transportmittel in Städten ablösten [ebd.]. Auch Geels und Schot [Geels, 2007] haben Beispiele dafür benannt: unter anderem ist hier im Kontext von Hygiene und Wasserversorgung die Transition von Klärgruben zu Abwasserkanalisationen Mitte des 19. Jahrhunderts beschrieben als *'...an empirical example [for] the hygienic reform of waste disposal in the Netherlands during the late nineteenth century'* [Geels, 2005a].

Die nachfolgende Tabelle (siehe 3.1) gibt eine Zusammenstellung bisher bekannter Innovationen aus der Literaturanalyse mit konkretem Stadtbezug wieder:

Quelle	Produktinnovation	Planungsinnovation	Prozessinnovation
Curdes (1997, 1998)	z.B. Festungsmauer, Pferdeomnibus, Fahrrad, Dampfschiff, Pferdetramway, Fahrstuhl, Ottomotor, U-Bahn Motorschiff, Hochbahn, Verkehrstunnel, Bahnhof	z.B. Gartenstadt, Vertikale Stadt (Hochhaus), Freiraumplanung, Grünring/-system, Neustadt (Köln)	-
Matern (2016)	z.B. Gasbeleuchtung, Elektrisches Licht, Elektrische Straßenbahn, Pferde-Tram, Umnutzung Infrastruktur (Highline), Bahnhof, Wasserwerk, Elektrizitätswerk	-	-
Ibert (2015)	z.B. Fußgängerzone, Tempo-30-Zone	-	z.B. Städtebaulicher Rahmenplan, Vorhabens- und Erschließungsplan
Geels (2007)	z.B. Kanalisation, Dezentrale Micro-Smart Grids, Nahwärmenetz + KWK + Biomasse, E-Mobilität (Ladeinfrastruktur), Fabrik, Micro Smart Grids	-	-

Tabelle 3.1: Übersicht identifizierter Beispiele für urbane Innovationen in der Literatur

Angesichts von der erwarteten Zunahme von disruptiven Innovationen im Zuge der Digitalisierung (z.B. durch künstliche Intelligenz), nehmen diese damit im Verhältnis gegenüber evolutionären und inkrementellen Veränderungen zu. Diese finden sich allerdings noch kaum in der bisherigen Fachliteratur. Erste Beispiele dafür sind Angebote der Plattformökonomie wie e-Scooter-Sharing oder Online-Lieferdienste, die in hohem Maße exponentiell anwachsen können [Jakubowski, 2017]. Dies kann einen Bruch mit vorher bestehenden Technologien oder Organisationsstrukturen bedeuten, worauf sich das System Stadt und damit die moderne Stadtentwicklungsplanung in Zukunft verstärkt einstellen muss [Braun, 2021]. Dabei steht aber der nachhaltige Einsatz von derartigen urbanen Systeminnovationen in Städten noch aus, dürfte aber in naher Zukunft beginnen [Richter, 2014].

Für die Wissenschaft und Praxis ist es somit von hoher Bedeutung, eine einheitliche Definition für diejenigen Innovationen zu haben, die eine Operationalisierung und Bewertung im Kontext globaler Klimaschutzziele auf kommunaler Ebene ermöglichen. Aufbauend auf der Literaturanalyse und dem Abgleich bereits benannter Innovationen im System Stadt, also urbanen Innovationen, soll für den weiteren Forschungsprozess

die folgende Definition gelten:

Eine urbane Innovation (UI) ist eine fundamentale Neuerung im globalen Stadtsystem, die in mindestens einem Subsystem (z.B. Energie, Mobilität, Freiraum) einer Stadt einen wesentlichen Einfluss (Veränderung) entfaltet und von anderen Städten ebenfalls adaptiert wird. Als messbare Effekte werden entweder die Verbesserung städtischer Nachhaltigkeitsziele, eine veränderte Raumwirkung, eine neue Funktion im Stadtraum oder die Reorganisation urbaner Prozesse ermöglicht. Eine UI stellt meist eine Kombination aus sozio-technischer, Service- oder Prozess-Innovation dar.

3.3 Wissensentdeckung in Datenbanken (KDD)

In diesem Teilkapitel erfolgt die Einführung von 'Wissensentdeckung in Datenbanken' als grundlegender Datenanalyseprozess für eine strukturelle und musterbasierte Wissensgenerierung. Im Kern steht dabei der 'Cross Industry Standard Process for Data Mining' (CRISP-DM), der um vorbereitende Maßnahmen der Datenerhebung und -strukturierung erweitert wird [Ester, 2013].

'Knowledge Discovery in Databases' (KDD - dt. Wissensentdeckung in Datenbanken) ist der Prozess der (semi-)automatischen Extraktion von Wissen aus Datenbanken, das gültig, bisher unbekannt und potentiell nützlich ist [Kriegel, 2009]. Fayyad definiert KDD als nicht-trivialen Prozess, der valide, neuartige und schließlich verständliche Datenmuster identifiziert [Fayyad, 1996]. Brachman und Anand beschreiben dies als mehrstufigen wissensintensiven Prozess, der aus komplexen Interaktionen über einen längeren Zeitraum zwischen einem Nutzer und einer größeren Datenbasis besteht und oft mit unterschiedlichen Werkzeugen unterstützt wird [Brachman, 1996].

KDD nutzt und integriert eine Vielzahl von Methoden und Techniken aus verschiedenen Gebieten wie Statistik, explorative Analyse, maschinelles Lernen, Fuzzy Techniken, Geschäftsproblemanalysen, Wissensmodellierung, Wissensmanagement, Datenbanken und Data Warehouses [vgl. Kim, 2004]. Der Prozess der Wissensgenerierung steht dabei in direkter Beziehung zur Anwendungsaufgabe und dem Anwender (Prozessentwickler) - er ist zugleich interaktiv und iterativ. Im CRISP-DM Referenzmodell wurde 1996 ein industrieübergreifender Standardprozess eingeführt und seither weit verbreitet [Turkovic, 2022]. Dieser wurde von der EU gefördert, unter Mitarbeit zahlreicher namhafter Konzerne entwickelt und definiert insgesamt sechs verschiedene Prozessphasen (siehe Abbildung 3.2).

Ein entscheidender Teilschritt von KDD stellt das Data Mining dar. Dabei ist das ultimative Ziel von Data-Mining-Methoden nicht das Auffinden von Mustern und Zusammenhängen als solche, sondern der Fokus liegt darauf, Wissen zu extrahieren sowie die Muster verständlich und für Entscheidungszwecke nutzbar zu machen.

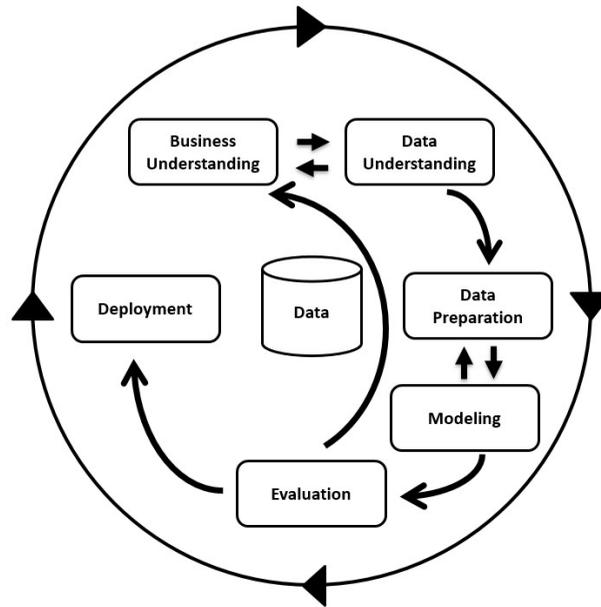


Abbildung 3.2: CRISP-DM Modell als 'Cross Industry Standard Process for Data Mining' [Cleve, 2016]

So ist Data Mining (DM) die Komponente im KDD-Prozess, die sich hauptsächlich mit der Extraktion von Mustern befasst, während Knowledge Mining (KM) die Auswertung und Interpretation dieser Muster beinhaltet [ebd.]. Dies erfordert zumindest, dass Muster, die mit Data-Mining-Techniken gefunden wurden, in einer Weise beschrieben werden können, die für den Datenbankbesitzer aussagekräftig ist. In vielen Fällen reicht diese Beschreibung nicht aus, stattdessen muss ein interpretierbares Modell der Daten konstruiert werden.

Nach Fayyad et al. besteht KDD aus den folgenden neun Schritten, die in dieser Grundstruktur auch für die anschließende Forschungsmethodik zugrunde gelegt werden [Kriegel, 2009]:

- Schritt 1: Problemabgrenzung
- Schritt 2: Auswahl der Daten
- Schritt 3: Datenvorverarbeitung
- Schritt 4: Datenreduktion und Kodierung
- Schritt 5: Auswahl der Data Mining Methode
- Schritt 6: Auswahl des Data Mining Algorithmus
- Schritt 7: Data Mining

- Schritt 8: Interpretation der Ergebnisse
- Schritt 9: Anwendung des gefundenen Wissens

In der zuvor erfolgten Literaturanalyse und aktueller Forschung und Praxis finden sich bisher keine Ansätze, die den Ansatz von KDD im Kontext der Erfassung, Strukturierung und Auswertung von großen Datenmengen urbaner Innovations- und Diffusionsprozesse anwenden.

Angesichts der hohen Heterogenität von Stadtentwicklungsprozessen in verschiedenen Ländern, einem eher geringen Standardisierungsgrad urbaner Innovationen und eine damit unzureichende maschinelle Verarbeitungsmöglichkeit für Datenanalysen urbaner Innovationsprozesse wird ein neues vielversprechendes Anwendungsfeld adressiert und in der Forschungsarbeit thematisiert.

3.4 Rahmenbedingungen für exploratives Vorgehen

In diesem Teilkapitel erfolgt die Einführung und Überprüfung der wissenschaftlichen Gütekriterien für quantitative Forschung. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf die Stichprobe der zu erhebenden Daten und die zugrundeliegende Erhebungsmethodik, sowie der Kriterien der Reliabilität, Objektivität und Validität der Datensätze.

3.4.1 Sampling-Definition

Die Untersuchung der Diffusionsanalyse orientiert sich im Wesentlichen an ähnlichen Vorgehensweisen, welche bereits in früheren Musteruntersuchungen (vgl. Literaturanalyse) angewendet wurden, zum Beispiel von Altshuller, Czik, Forino und weiteren [vgl. Braun, 2021]. Hierbei wird ein Sample an, in der Vergangenheit nachweisbaren, Diffusionen von urbanen Innovationen auf die darin wiederkehrend vorkommenden Merkmale oder Rahmenbedingungen mit Data Science-Methoden hin untersucht. Das detaillierte Vorgehen, welches im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zur Anwendung kam, wird in den folgenden Abschnitten spezifiziert [ebd.].

Vor dem Hintergrund der Zielsetzung, ein möglichst umfassendes Bild an Mustern über die moderne Stadtentwicklung und deren infrastrukturelle Neuerungen aufzuzeigen, wurde es als relevant erachtet, ein möglichst heterogenes und aussagekräftiges Sample über einen möglichst langen Zeitabschnitt einzubeziehen. Auf die Beschränkung auf einen bestimmten Sektor aus dem einzelnen Stadtsystem, z.B. Verkehr, oder eine bestimmte geographische Region, z.B. Europa, wurde daher bewusst verzichtet. Prioritär wurde darauf geachtet, dass jede Innovation sich über einen hinreichenden Diffusionszeitraum nachvollziehen lässt, d.h. sie in ihrer Entwicklung von einem gewissen Erfolg geprägt waren [ebd.]. Von einem 'Erfolg' einer Innovation ist dabei zu sprechen, wenn also nach der Pilotierung weitere Anwendungen in anderen Städten erfolgten (= Diffusion). Dadurch wurden nur solche urbanen Innovationen im Sample berücksichtigt, für

welche ein ausreichender (sprachlicher) Zugang zu Primär- und/oder Sekundärdaten gewährleistet werden konnte. Hier wurden vorrangig deutsch- und englischsprachige Schriften berücksichtigt, vereinzelt wurden automatisierte Übersetzungen aus dem Niederländischen (z.B. Rotterdam) oder Portugiesischen (z.B. Porto Alegre, Curitiba) im Online-Bereich angewendet. Insgesamt konnten auf Basis dieser Kriterien aus insgesamt 465 relevanten Innovationen ein Sample aus 135 urbanen Innovationen gebildet werden (siehe auch Kapitel 4.2 - Aufbau Datenbank).

3.4.2 Datenerhebung und -analyse

Die Beispiele urbaner Innovationen wurden auf Basis einer breit angelegten Recherche von Journal-Artikeln, Internetdokumenten, Praxisbüchern, Online-Datenbanken und Fachzeitschriften identifiziert, welche sich mit der Thematik von urbanen Infrastrukturen (z.B. Kanalisation, Car-Sharing), Planungsansätzen (z.B. Eixample, autogerechte Stadt) und innovativen Verwaltungsmaßnahmen (z.B. Bürgerhaushalt) sowie angrenzenden Themenbereichen (z.B. Systeminnovationen, Technikhistorie) beschäftigen [Braun, 2021]. Hierzu wurden die jeweiligen Quellen systematisch nach Informationen über innovative Stadtentwicklung und deren zugrundeliegenden Innovationen untersucht und sukzessive in eine Datenbank übertragen [ebd.]. Die Datenerhebung orientierte sich dabei primär an einer einheitlichen Definition für urbane Innovation, welche im Vorfeld der Untersuchung aus der aktuellen Theorie abgeleitet wurde (vgl. Kapitel 4.2 und 4.3).

Neben der eingehenden Recherchebasis zur Auswahl der einzelnen Innovationen wurden in einem zweiten Schritt die recherchierten Zeitpunkte zur Einführung der Innovationen über alle Städte erfasst. Dies erfolgt in einem größtenteils iterativen Verfahren: Teilweise konnten bei manchen Innovationen auf strukturierte Sekundärliteratur zurückgegriffen werden, teilweise wurden die Ereignisse manuell über strukturierte Onlinerecherchen (z.B. 'first underground tunnel Copenhagen') erfasst [ebd.]. Ziel war es dabei, ausreichend viele Datenpunkte je Innovation zu identifizieren, so dass belastbare und vergleichbare Aussagen über Diffusion in den Frühphasen möglich waren. Insgesamt konnten so für 108 der 135 Innovationen hinreichende Diffusionsverläufe festgestellt werden. Gleichzeitig ergaben sich als Nebenprodukt Datensätze für 118 Städte über fünf Kontinente (davon 64,4 % in Europa, 19,5 % in Nordamerika, 9,3 % in Südamerika, 5,9 % in Asien und 0,9 % in Afrika).

Die auf Basis dieser Datengrundlage angefertigten Zeitleisten der urbanen Innovationen sowie der zugehörigen Städte leiteten die darauffolgende Datenanalyse ein. Dabei wurden die urbanen Innovationen und deren Diffusionsprozesse in einem iterativen Prozess miteinander verglichen und in diesem Sinne auf gemeinsame Ausprägungen, d.h. Muster, hin untersucht [Csik, 2014]. Die Muster, welche in diesem Zusammenhang identifiziert werden, sollen im Anschluss auf ihre gegenseitige Konsistenz überprüft werden, bis am Ende der Untersuchung eine feste Anzahl voneinander abgrenzbarer Muster vorliegen [ebd.].

3.4.3 Gütekriterien für empirische Forschung

Um Ergebnisse von möglichst hoher Qualität zu erzielen, wird das oben beschriebene Forschungsvorgehen an den Gütekriterien empirischer Sozial- und Innovationsforschung ausgerichtet. Dabei sollen für das 'Data Mining' primär die Hauptgütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität erfüllt sein:

Objektivität - Objektivität bezieht sich darauf, dass Messwerte unabhängig vom Messenden zustande kommen. Dies soll durch die neutrale und quellenbasierte Erfassung der Messwerte von Anfang an gewährleistet sein, wo möglich sollen auch mehrere Quellen zur Überprüfung und Triangulation herangezogen werden.

Reliabilität - Dies gilt ebenso für die Reliabilität, damit sich das Vorgehen durch andere Forschungsarbeiten in gleichem Maße reproduzieren lässt und frei ist von zufallsbedingten Fehlern. Dabei ist höchstens zu erwähnen, dass die Datenqualität der Zeitleisten zum Teil abhängig ist von den verfügbaren Quellen im gewählten deutsch-englischen Sprachraum, was in anderen Kulturregionen (z.B. im asiatischen Stadtsystem) zu berücksichtigen wäre.

Validität - Für die Validität zur Gültigkeit und Genauigkeit der Messung werden die drei Subkriterien Konstruktvalidität, interne Validität und die externe Validität einbezogen:

- Die *Konstruktvalidität* setzt dabei die entsprechende Kenntnis der fundamentalen Theorien und einschlägiger Befunde voraus, um geeignete Hypothesen für die vorliegende Untersuchung abzuleiten. Dem Kriterium der internen Validität, welches die intersubjektive Gültigkeit der aufgestellten Aussagen und Kausalrelationen beschreibt, wird Rechnung getragen, indem die Untersuchung der Muster an wissenschaftlich fundierten Definitionen (z.B. Innovationsbegriff, Systeminnovation, Innovationsmuster) ausgerichtet wird [Csik, 2014].
- Darüber hinaus wird die *interne Validität* auch dahingehend sichergestellt, dass der Forschungsprozess stellenweise durch zusätzliche Forscher unterstützt wird [ebd.]. Diese werden die Analyse und Einordnung der ausgewählten Innovationen hinsichtlich Eignung und Relevanz für die resultierende Musterbildung überprüfen, wodurch Inkonsistenzen vor der Musteridentifikation systematisch aufgedeckt werden können.
- Mit dem initialen Aufbau der anfangs umfangreichen Rohdatenbank mit über 450 möglichen urbanen Innovationen wird bereits auf eine hohe Generalisierbarkeit der Untersuchungsergebnisse und hierdurch auf eine Einhaltung der *externen Validität* geachtet [ebd.]. Darüber hinaus wirkt sich die oben beschriebene Datentriangulation in Verbindung mit einem theoretischen Sampling positiv auf die Konstruktvalidität aus.

3.5 Formulierung forschungsleitender Hypothesen

In diesem Teilkapitel erfolgt die Einführung und Beschreibung der zentralen forschungsleitenden Hypothesen, die die nachfolgende Methodenentwicklung und -anwendung bestimmen. Diese leiten sich primär aus der bisherigen Literatur- und Domänenanalyse und der zentralen Forschungsfrage nach den Metriken und den Merkmalen urbaner Innovationsprozesse ab.

Für die explorative und induktiv geleitete Forschung werden fünf hypothetische Konstrukte definiert, die ein besseres und systemisches Verständnis über Abläufe und Zusammenhänge von urbanen Innovationssystemen innerhalb einer Stadt, der einzelnen Funktionen sowie zwischen Städten auf globaler Ebene geben können. Folglich sollen sie dazu dienen, den bisher nicht näher erforschten Zusammenhang urbaner Innovationsprozesse zu überprüfen und den bisherigen Erkenntnisstand auszuweiten. Für jedes der Konstrukte wurde jeweils eine Nullhypothese H^{X1} als zu überprüfende Vermutung sowie eine Gegenhypothese H^{X0} zur Falsifizierung aufgestellt.

Das erste Konstrukt bezieht sich auf die Annahme, dass technologischer Fortschritt und urbane Entwicklung eine Co-Evolution darstellen; das zweite auf die Annahme, dass eine kontinuierliche Beschleunigung von Innovation und Diffusion im Stadtsystem vorliegt; das dritte auf die Annahme, dass das Diffusionsmodell von Rogers [Rogers, 2003] auch für Städte als Innovatoren oder 'Late Mover' übertragbar ist; das vierte darauf, dass Städte mit ähnlichen Eigenschaften in hohem Maße voneinander lernen und Innovationen gegenseitig adoptieren und das fünfte darauf, dass wiederkehrende Muster für die erfolgreiche Einführung von urbanen Innovationen vorliegen.

- Hypothese A: Co-Evolution
- Hypothese B: Beschleunigung
- Hypothese C: Diffusion
- Hypothese D: Co-Innovation
- Hypothese E: Musterbildung

Hypothese A: Co-Evolution von Stadt und Technologie

Über den systemischen Einfluss von technologischen oder organisatorischen Innovation auf das Stadtsystem ist wenig bekannt [Zhang, 2022]. Im aktuellen Kontext besteht hierzu klarer Forschungsbedarf zur der Frage räumlicher Wirkungen der Digitalisierung auf die Stadtentwicklung [Reiß-Schmidt, 2016]. Erste historische Fallstudien lassen jedoch vermuten, dass technologischer Fortschritt eine wichtige kontinuierliche Konstante in der räumlich-strukturellen Evolution unserer Städte als Lebens- und Wirtschaftsräume darstellte. Beispielsweise basierte die Stadterweiterung Berlins mit dem Hobrecht-Plan

im 19. Jahrhundert auf der vorangegangenen Erfindung einer neuen unterirdischen Kanalisationsbauweise (von Joseph Balgazette). Auch die Durchdringung des Automobils als individuelles Verkehrsmittel und 'Technologie' für die breite Gesellschaft erzeugte ein Umdenken im Stadtsystem hin zu autogerechten Raumstrukturen.

Im Rahmen der Datenerhebung und -auswertung soll in der Arbeit die Nullhypothese widerlegt und nachgewiesen werden, dass eine enge und sich wechselseitig bedingende Co-Evolution von Technologie und Stadtsystem bis heute besteht. Dies stellt eine wichtige Orientierung für die Beantwortung der zentralen Forschungsfrage und der Operationalisierung weiterer Hypothesen im Verlauf der Arbeit dar. Von Bedeutung ist in der Untersuchung der Hypothese die Definition von systemischem Einfluss, der im weiteren die Wechselwirkung von technologischem Fortschritt und urbanem System als zusammenhängendes Konstrukt begreift. Dies bedeutet, dass Technologie und Stadt nicht losgelöst voneinander zu betrachten sind. Urbane Innovationen, wie eingangs definiert, könnten dabei das Verbindungselement zwischen beiden Systemen in ihrer zeitlichen Entwicklung und Veränderung darstellen.

- Hypothese (H^{A1}) = Technologischer Fortschritt hat systemischen Einfluss auf die funktionalen Subsysteme und damit das Gesamtsystem Stadt.
- Gegenhypothese (H^{A0}) = Es gibt keinen erkennbaren systemischen Zusammenhang zwischen technologischen Innovationen und Stadtsystemen.

Hypothese B: Beschleunigung von urbanen Innovationsprozessen

Verschiedene Ansätze in der Literatur beziehen sich auf eine zunehmende Beschleunigung von Innovationszyklen über die Zeit. In unterschiedlichen Phasen unserer sozio-technischen Evolution gibt es vielfältige Beispiele, in der sich die Zeitdauer von der Erfindung einer Technologie und deren Innovationsdiffusion in der Praxis messen lässt. Allen voran sind hier die Ausführungen von Kurzweil zu nennen, der mit dem 'Law of Accelerating Returns' die Gesetzmäßigkeit des 'Moore'schen Gesetz' von 1965 zur kontinuierlichen Verdoppelung von CPU-Rechenleistung fortführt und die exponentielle Beschleunigung von Technologie, Wissen und gesellschaftlichem Wandel prognostiziert - allerdings ohne Raumbezug [Kurzweil, 2001; Moore, 1965].

Während somit in einzelnen Technologiefeldern (z.B. Elektrizität, Internet, Mobilität) messbare und nachvollziehbare Entwicklungsschritte wissenschaftlich belegbar und bekannt sind, fehlt dies bisher auf Ebene urbaner Systeme. Städte verändern sich zum einen zwar klar messbar anhand ihrer ökonomischen Leistung, ihrer politischen Bedeutung oder ihrer Bevölkerungsentwicklung, zum anderen liegen darunter oft nicht berücksich-

tigte urbane Innovationen, die beispielsweise eine neue Mobilität, andere Produktionsfaktoren oder verbesserte Infrastrukturen ermöglichen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die praktische Fragestellung, ob in unserer heutigen Zeit die Vorausschau von Innovationszyklen noch mit klassischen Stadt- oder Verkehrsentwicklungskonzepten und etwa 10-15 Jahren Planungshorizont vereinbar ist.

Für die weitere Forschung wird dazu die Hypothese aufgestellt, dass sich urbane Innovationszyklen in den letzten Jahrzehnten so stark beschleunigt haben, dass damit ein Risiko für moderne Stadtentwicklungskonzepte besteht. Die Gefahr besteht dabei in 'blinden Flecken' bei der strategischen Vorausschau und damit erhöhtem Ressourcenaufwand in der Anpassung bzw. Auseinandersetzung mit technologischem Fortschritt in der Umsetzung oder im Betrieb.

- Hypothese (H^{B1}) = Urbane Innovationszyklen beschleunigen sich kontinuierlich über Zeit und haben bereits kommunale Planungshorizonte unterschritten.
- Gegenhypothese (H^{B0}) = Urbane Innovationszyklen sind zeitlich unbeständig und haben damit keine Relevanz für kommunale Planungshorizonte.

Hypothese C: Diffusionsmodell für Stadtsysteme

Wie in der Literaturanalyse aufgezeigt, gab es in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert mehrere Theorien, die sich mit der sozio-räumlichen Diffusion von Innovation befassen. Ein bis heute etabliertes Modell ist das von Rogers, welcher anhand von Innovationsprozessen und deren Durchdringung fünf Typen von Individuen definierte: Innovatoren (2,5%), frühe Nachahmer (13,5%), frühe Mehrheit (34%), späte Mehrheit (34%) und Nachzügler (16%) [Rogers, 2003]. Diese beschreiben mathematisch ein logistisches Wachstum entlang einer S-Kurve bis zur vollen Sättigung, beispielsweise von neuen Produkten in einem definierten Markt mit möglichen Käufern bzw. Anwendern.

Dabei kommt in der jüngeren Literatur und Produktstrategien häufig der Gruppe der Innovatoren eine besondere Bedeutung zu, da sie i.d.R. entscheidend sind, nach einer Erfindung bzw. deren Produktisierung diese frühzeitig zu 'testen' und damit nachfolgende Bedarfe zu demonstrieren.

Für die weitere Forschung wird die Hypothese aufgestellt, dass sich Städte analog hierzu wie Individuen in Rogers Diffusionsmodell verhalten und die gleichen Phasen bei der Einführung einer Innovation aufweisen. Dazu gilt es entsprechende Diffusionsprozesse über einen längeren Zeitraum zu identifizieren und beispielsweise manche Städte als

häufige Innovatoren, andere eher als frühe Adopter zu klassifizieren. Von Bedeutung ist hierbei, dass es nicht um einzelne Innovationsdiffusionen handeln sollte, sondern eine systematische Darlegung oder Falsifizierung über ausreichende Empirie erfolgt.

Dabei soll die Hypothese aufgrund der großen Anzahl an Städten weltweit als nachgewiesen betrachtet werden, wenn sich aus einer größeren Gruppe von relevanten Städten (Ziel $N > 100$) wiederkehrende Merkmale bei urbanen Innovationsprozessen feststellen lassen.

- Hypothese (H^{C1}) = Städte lassen sich in unterschiedliche und kategorische Innovationstypen gemäß Rogers Diffusionsmodell einordnen.
- Gegenhypothese (H^{C0}) = Städte weisen keine signifikanten und eindeutigen Eigenschaften bei der Diffusion von urbanen Innovationen auf.

Hypothese D: Co-Innovation in ähnlichen Strukturen (Regimes)

In der unternehmensbezogenen Innovationsforschung bezeichnet Co-Innovation die Öffnung des Innovationsprozesses über Unternehmensgrenzen hinweg und damit hin zu mehr Kooperation in Netzwerken oder Ökosystemen [Maniak, 2008]. Zu Beginn des 21. Jahrhundert wird die Steigerung davon, Open Innovation, als wichtiges Erfolgsmodell für Innovation formuliert [Chesbrough, 2003]. Ansel beschreibt eine Klassifikation für Co-Innovation im kommunalen Kontext am Beispiel von e-Government entlang der drei Mechanismen *Nachahmung* ('emulation'), *Wettbewerb* ('competition') und *Lernen* ('learning') [Ansel, 2015].

Daran anknüpfend wird eine Hypothese formuliert, die von einem überwiegenden Anteil von Co-Innovation zwischen ähnlichen Städten in den Frühphasen von Diffusion ausgeht. Hier besteht die Annahme, dass aufgrund der hohen Komplexität von urbanen Innovationen auf technologischer, ökonomischer, sozialer und räumlicher Ebene ein entscheidender Vorteil in gemeinsamen Innovationsprozessen, also dem gegenseitigen Lernen und Nachahmen, für Städte mit ähnlichen Rahmenbedingungen oder Eigenschaften (= Regimes) liegt [Geels, 2015b].

Historische Stichproben zur gleichen Zeit wie die Einführung von Radwegen als neue Infrastruktur (Diffusionsdauer bis zur fünften Stadt (D_5) = 5 Jahre) oder den Bau von Hochhäusern (D_5 = 20 Jahre) Ende des 19. Jahrhunderts lassen den Ansatz erkennen, dass trotz gleicher Zeitepoche unterschiedliche Innovations- und Diffusionsprozesse abliefen. Dabei könnten individuelle Eigenschaften wie politische Relevanz (z.B. Hauptstadt) ebenso wie wirtschaftliche Kapazitäten (z.B. Wirtschaftskraft) oder

soziale Strömungen (z.B. Akzeptanz) einer Stadt eine signifikante Rolle spielen wie die notwendige Voraussetzung von weiteren Innovationen (z.B. Straßenbeleuchtung vor Gaswerk). In beiden Hypothesen wird davon ausgegangen, dass über mehrere Monate oder Jahre versetzte Innovationen großteils auf Vorwissen, Infrastruktur oder Technologie vorangegangener Städte aufbauen (sofern entsprechende Beziehungen oder Informationsströme möglich sind).

- Hypothese (H^{D1}) = Städte mit ähnlichen 'Regimes' adoptieren Innovationen eher voneinander.
- Gegenhypothese (H^{D0}) = Städte mit unterschiedlichen 'Regimes' adoptieren Innovationen eher voneinander.

Hypothese E: Wiederkehrende Muster für urbane Innovation

Aufbauend auf Hypothese C/D und der vorangegangenen Literaturanalyse wird die Annahme hergeleitet, dass vergleichbar wie in der Software-Entwicklung oder der Architektur wiederkehrende Muster (d.h. Merkmale im technologischen wie im urbanen System) bei der Evolution und Diffusion urbaner Innovationen auftreten.

Diese Muster könnten sich hypothetisch erstens auf performanzbezogene Merkmale von einzelnen Städten beziehen, die beispielsweise für verschiedene Innovationsprozesse ähnliche Erfolgsfaktoren oder Rahmenbedingungen anwenden; zweitens auf die signifikanten Merkmale von urbanen Innovationen selbst, die diese in unterschiedlichen Städten aufweisen; oder drittens Muster, die sich auf die Beziehungen zwischen Städten in zugehörigen Diffusions- und Adoptionsprozessen beziehen. Aufbauend auf den Grundlagen von Christopher Alexander und modernen Interpretationen, beispielsweise im Bereich von Musterbeschreibungen für Geschäftsmodellinnovationen, werden Muster hierbei als Entwurfsmuster (engl. *Design Patterns*) definiert, die in der Erzeugung oder Entwicklung von Objekten eine wiederverwendbare Vorlage zur Problemlösung darstellen und in einem bestimmten Kontext einsetzbar sind [Alexander, 2013; Gassmann, 2015].

Hierbei sind sowohl die Entwicklung als auch die Diffusion bei urbanen Innovationen als gleichwertige Aspekte von 'Design' gleichzusetzen, wie es die Multilevel-Perspektive (MLP) nach Geels bei systemischen Transitionen darlegt [Geels, 2007]. Da das wissenschaftliche Generieren von Mustern (engl. *pattern mining*) in hohem Maße anwender- und kontextrelevant sowie nicht absolut ist, soll zur Validierung der Hypothese bei einer Mindestanzahl von 20% aller Innovationsprozesse ein wiederkehrendes Muster nachgewiesen werden [vgl. Leitner, 2015].

- Hypothese (H^{E1}) = Es bestehen wiederkehrende Muster bei urbanen Innovationsprozessen.
- Gegenhypothese (H^{E0}) = Es finden sich keine wiederkehrenden und damit übertragbaren Muster im urbanen Innovationssystem.

3.6 Skizzierung des Vorgehensmodells UIPM

In den vorangegangenen Teilkapiteln wurde in der Literatur auf theoretischer Basis untersucht, wie sich urbane Innovationen systematisieren lassen und welche Anforderungen aus unterschiedlichen Perspektiven dafür bestehen. Das nachfolgende Diagramm (siehe Abbildung 3.3) stellt die wesentlichen Prozesskomponenten in ihrem Zusammenhang dar und führt den methodischen Forschungsansatz aus datenbasierter Wissensentdeckung (CRISP-DM) und explorativer Musterentdeckung als Rahmenkonzept für die anschließende Anwendung in Kapitel 4 ein.

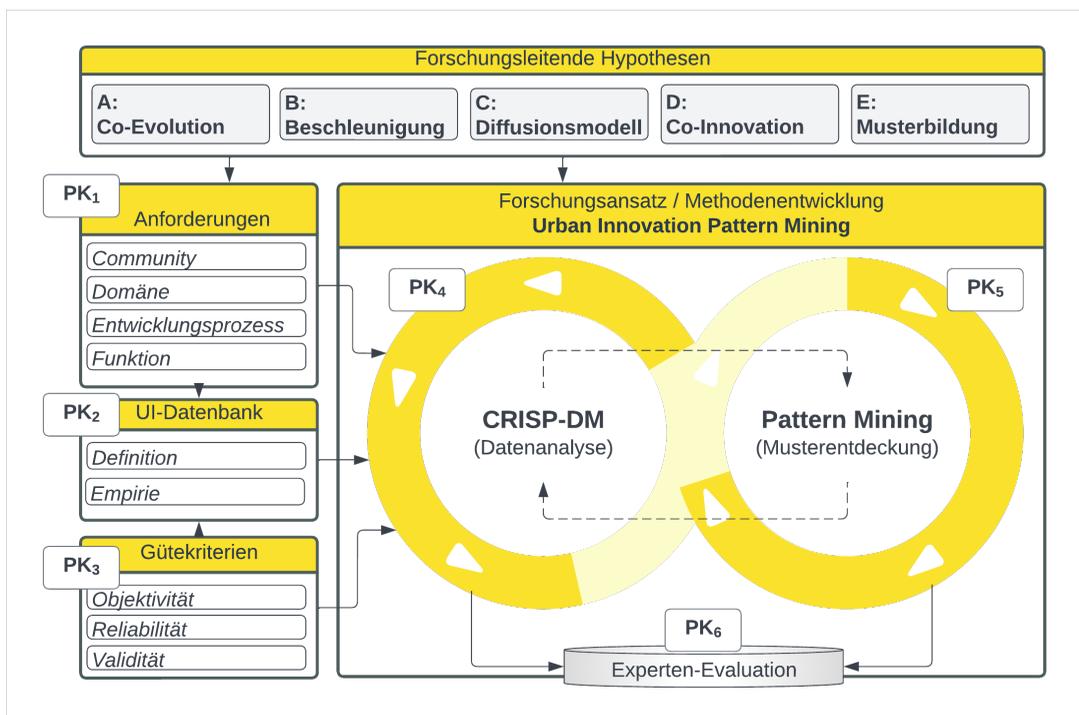


Abbildung 3.3: Urban Innovation Pattern Mining (UIPM) als methodischer Forschungsansatz mit zwei verschränkten Prozesszyklen (PK₄ und PK₅)

Hierzu werden die folgenden Prozesskomponenten (PK₁₋₆) für einen prototypischen Forschungsansatz und als konzeptioneller Rahmen für ein 'Urban Innovation Pattern Mining' zusammengeführt und für die anschließende Methodenentwicklung kritisch reflektiert:

PK₁: Funktionale Anforderungen

In der Anforderungsanalyse wurden die wesentlichen Handlungsebenen und SOLL-Kriterien diskutiert. Die Handlungsebenen wurden hierzu als Ableitung aus dem Software Requirement Engineering wie folgt für die Komponenten Nutzer/Anwender/-Community (Level 1), Domäne (Level 2), Entwicklungsprozess (Level 3) und Funktion (Level 4) definiert. Als generelle Anforderungen wurden die Aspekte zu Einfachheit in der Nutzung, transdisziplinäre Anwendbarkeit, evidenzbasierte Grundlagen, quantitativ-qualitative Forschungsmethoden und die Erweiterbarkeit durch Dritte festgelegt.

Diese Anforderungen können Mustersprachen als 'systemische Wissens- und Werkzeugkästen' (vgl. Mustersprachen der 4. Generation) erfüllen, wenn sie entsprechend in der Wissenschaft und Praxis kontextualisiert sind. Bezüglich der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen für die Umsetzung - sowohl für funktionale wie auch nichtfunktionale - wurden an dieser Stelle keine Einschränkungen festgestellt.

PK₂: Datenbank für urbane Innovationsprozesse

Mit der initialen Definition von urbanen Innovationen wurde ein eigener Referenzrahmen geschaffen, der aus der Vielzahl diverser und domänenübergreifender Ansätze des Innovationsmanagements eine Stichprobe für spätere Forschungsdaten ermöglicht. Diese Definition baut auf dem bisherigen Stand aus Forschung und Literatur auf und erweitert diese für zukünftige Innovationsprozesse im urbanen System, die sich aus aktuellen Technologieentwicklungen und -trends ergeben können, z.B. im Kontext von Plattformökonomie oder Kreislaufwirtschaft. Dabei werden auch bewusst Systeminnovationen, also Kombinationen aus Produkt-, Planungs-, Service- oder Prozessinnovationen, antizipiert.

PK₃: Gütekriterien für empirische Forschung

Die Hauptgütekriterien für empirische Sozial- und Innovationsforschung scheinen einen validen Rahmen zu bieten, um die erforderliche Forschungsempirie mit ausreichender Objektivität, Reliabilität und Validität aufbauen zu können. Dies stellt eine wichtige Voraussetzung zum gewählten Datenanalyseprozess der 'Wissensentdeckung in Datenbanken' als weitere Komponente des Forschungsansatzes dar. Ziel hierbei ist es, das Vorgehensmodell mit einheitlichen Gütekriterien in Zukunft auch für weitere Betrachtungsräume, beispielsweise auf regionaler Ebene oder anderen Fokusgebieten, anwenden zu können.

PK₄: Wissensentdeckung aus Datenbanken (KDD) - Zyklus I

Neben unternehmensinternen Methoden, dem Knowledge Discovery in Databases (KDD) und dem darauf aufbauenden Sample, Explore, Modify, Assess (SEMMA), kommt vor allem der CRISP-DM verstärkt zum Einsatz [Schock, 2018]. Der Datenanalyseprozess für Datenbanken zu urbanen Innovations- und Diffusionsprozessen über das CRISP-DM-Verfahren bietet dabei im Ansatz ein breiteres Spektrum an Handlungsfeldern und rekursive Arbeitsschritte. Für den Schritt des 'Data Mining' als Kernaufgabe im Analyse- und Extraktionsprozess wird im weiteren Verlauf dedizierter Wert gelegt und mittels geeigneter Softwarewerkzeuge (z.B. KNIME) unterstützt.

PK₅: explorative Musterbildung und theoretisches Sampling - Zyklus II

Aufbauend auf den bisher dokumentierten Theorien und Methoden aus der Literaturanalyse stellt sich eine explorative Datenanalyse zur Entdeckung bzw. Extraktion relevanter Muster und zur Überprüfung der formulierten Hypothesen als geeignet dar. Dies soll ergänzt werden durch ein theoretisches Sampling als strukturiertes Vorgehen für induktive Theoriebildung (vgl. Grounded Theory). Im Zentrum steht dabei die Verzahnung des explorativen Auswertungsprozesses mit der iterativen Ableitung signifikanter Merkmale bzw. Muster für urbane Innovationsprozesse [Dimbath, 2018].

PK₆: expertengestützte Evaluation und Anwendungsfall

Eine wichtige Anforderung an moderne Mustersprachen ist die Co-Produktion aus einer Fach- und Anwender-Community heraus. Dieser Schritt soll im gewählten Forschungsansatz über eine nachgelagerte Experten-Evaluation erfolgen, die die extrahierten Muster-Prototypen aus der explorativen Datenanalyse hinsichtlich möglichst objektiver Plausibilität, Relevanz oder Gestaltbarkeit hin überprüft. Hierzu soll trotz der spezifischen Thematik eine ausreichend hohe Fallzahl N erreicht werden und abhängig von diesem Ergebnis auch ungeeignete bzw. abgelehnte Muster aussortiert werden.

4 Methodenentwicklung und -anwendung

In Kapitel 4 wird auf dem konzeptionellen Rahmenkonzept aus Kapitel 3 aufgebaut und eine prototypische Methodik des 'Urban Innovation Pattern Mining' als kombinierter Prozess aus Wissensentdeckung und Mustergenerierung entwickelt. Zur nachvollziehbaren Strukturierung werden die folgenden 5+1 Schritte aus der Fachliteratur (CRISP-DM) verwendet und auf das Forschungsziel angepasst, wie die folgende Grafik (Abbildung 4.1) darstellt:

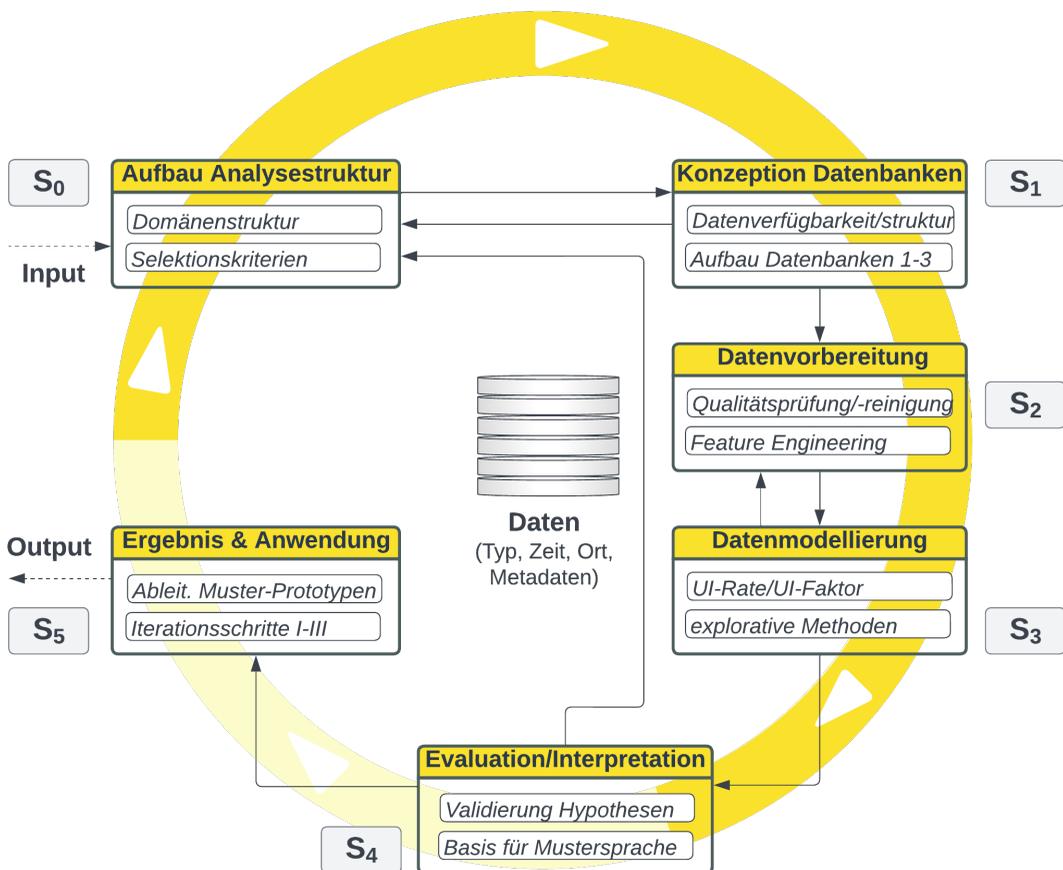


Abbildung 4.1: Ansatz für Data Mining (Zyklus I) - Grundlage des UIPM

Es wird erstens ein einheitliches Analyseverständnis anhand initialer Auswahlkriterien und exemplarischer Fallstudien aufgebaut (Kapitel 4.1 - Schritt 0); zweitens eine mehr-

stufige Datenbankkonzeption und Datenerhebung durchgeführt (Kapitel 4.2 - Schritt 1); drittens die extrahierten und strukturierten Daten bereinigt, auf Qualität geprüft und um erforderliche Inputvariablen ergänzt (Kapitel 4.3 - Schritt 2); viertens explorative Datenanalysen und -modellierungen für erste Mustererkennung durchgeführt (Kapitel 4.4 - Schritt 3); fünftens die Überprüfung der forschungsleitenden Hypothesen durch Ergebnisinterpretation abgeleitet (Kapitel 4.5 - Schritt 4); sechstens die iterative Mustergenerierung von vorläufigen Prototypen mittels theoretischem Sampling dokumentiert (Kapitel 4.6 - Schritt 5). Dies stellt die methodische Basis für die anschließende Validierung und Qualifizierung dar, die in Kapitel 5 beschrieben ist.

4.1 Schritt 0: Aufbau Analyseverständnis

4.1.1 Entwicklung einer theoretischen Domänenstruktur

Ziel dieser Untersuchung war es, im Rahmen einer vertiefenden Literaturanalyse relevante empirische Forschungsbeiträge zu identifizieren, aus denen praxisbezogene Erkenntnisse für die sozio-technische und räumliche Entwicklung urbaner Infrastrukturen gewonnen werden können [vgl. Becker, 2020]. Im Fokus der Betrachtung stehen hierbei grundlegende Fragen hinsichtlich der strukturellen Zusammenhänge bzw. der zeitlichen Abfolge urbaner Innovationen, sowohl innerhalb ihres jeweiligen Sektors (z.B. Einfluss der Innovation 'Bahnhof' für den Sektor 'Verkehr'), als auch über Sektorengrenzen hinweg (z.B. Einfluss elektrischer Haushaltsgeräte auf Quartiersplanung).

Zur Identifikation der vorliegenden Datenpunkte wurde eine Quellen- und Literaturanalyse nach einem systematischen Schema zur Beschreibung historischer Veränderungsprozesse durchgeführt. Um dem Ziel einer möglichst breit angelegten Untersuchung über das Innovationssystem Stadt Rechnung zu tragen, wurde zu Beginn eine Datenbank mit über 450 Innovationen und Erfindungen aufgebaut, die in der Literatur im Kontext bzw. mit Bezug zur Stadtentwicklung seit der Vorphase der Industrialisierung identifiziert werden konnten [Braun, 2021].

Diese ließen sich dabei nach System, Subsystem, Typ, Ort, Zeit, Kategorie, Erfinder, Art der Innovation und verwendeter Quelle klassifizieren (siehe Tabelle 4.1). Insgesamt wurden so 469 Innovationen in insgesamt 13 Unterkategorien entlang städtischer Sektoren bzw. Stadtsysteme gebündelt, wie sie im weiteren Verlauf thematisch eingeführt werden [ebd.]. In jeder Unterkategorie wurde darauf geachtet, dass eine Mindestanzahl von zwanzig Innovationen (z.B. 'Entsorgung') erreicht wurde, in der größten Kategorie 'Mobilität' wurden 65 Beispiele erfasst. Dabei wurde in diesem Schritt darauf verzichtet, die Datensätze hinsichtlich ihrer individuellen Relevanz für die Stadtentwicklung zu bewerten, da dies einen hohen Aufwand an Operationalisierung geeigneter Kriterien zu diesem Zeitpunkt bedeutet hätte [Braun, 2021]. Über die fachliche Zuordnung von Innovationen zu den skizzierten Unterkategorien konnten historische Zeitreihen

(= 'Evolutionsprozesse') gebildet und in ihrer strukturellen Entwicklung beschrieben werden.

Innovation	I1	I2	I3	I4	I5
Jahr	1662	1699	1746	1761	...
Stadtsystem	Mobilität	Planung	Lebensmittel	Logistik	...
Subsystem	ÖPNV	Stadtplanung	Anbau	Infrastruktur	...
Typ	Cinque Carosses	Idealstadt	Kartoffelbefehl	Bridgewater Canal	...
Ort	Paris, Frankreich	Neuf-Brisach, Frankreich	-	Liverpool, UK	...
Erfinder	Blaise Pascal	Vauban	Kaiser Friedrich II.	James Brindley	...
Art	organisatorisch	organisatorisch	organisatorisch	technisch	...
Quelle	Lundwall, 2000	Flohic, 1998	Humm, 2012	Mather, 1970	...

Tabelle 4.1: Ausschnitt der Datenbank mit vier frühen Innovationen im Stadtsystem

4.1.2 Zerlegung in funktionale Stadtsysteme und deren Evolution

Wie lässt sich ein urbanes System für die Operationalisierung von Innovationsprozessen in verständliche Teilsysteme zerlegen? Das Konstrukt Stadt ist ein komplexes System, welches in seiner Entwicklung bzw. Evolution durch nichtlineares Verhalten, Selbstorganisation und emergente Eigenschaften gekennzeichnet ist [Zhao, 2013]. Sie ist durchzogen von Unsicherheiten und Diskontinuitäten. Die Stadt als Ganzes ist weit von einem strukturierten Gleichgewicht entfernt und mehr als die Summe ihrer Teilsysteme. Stadtentwicklung als Design ist ein komplexer und mehrdimensionaler Prozess, an dem eine Vielzahl von Akteuren, Aktivitäten und Politiken auf einer Vielzahl von sozialen, räumlichen, technischen und administrativen Ebenen (Land, Staat, Region und Kommune) beteiligt sind [Haarmann, 2009].

Die Evolution urbaner Systeme besteht aus vielen dynamischen Teilprozessen, wie wirtschaftlichen, sozialen, räumlichen, kulturellen und institutionellen Prozessen. Es umfasst eine Vielzahl von städtischen Aktivitäten und Sektoren. Zum Beispiel umfasst der städtische räumliche Veränderungsprozess Stadtentwicklungs- und Sanierungsaktivitäten, Stadtplanung und -design, die Wahl des Wohnorts der Haushalte, Verwaltungsaufgaben, Verkehrsnachfrage und -angebot, die Standortwahl von Industrie- und Handelsunternehmen, Integration neuer Bau- und Verkehrstechnologien usw. Zwischen vielen Teilprozessen besteht ein hohes Maß an Interaktion. Als zugrundeliegendes Mo-

dell wurde dabei die Multilevel-Perspektive nach Geels (siehe Abbildung 4.2) auf das Stadtsystem und den drei eingeführten Ebenen (mikro, meso, makro) übertragen [Geels, 2007].

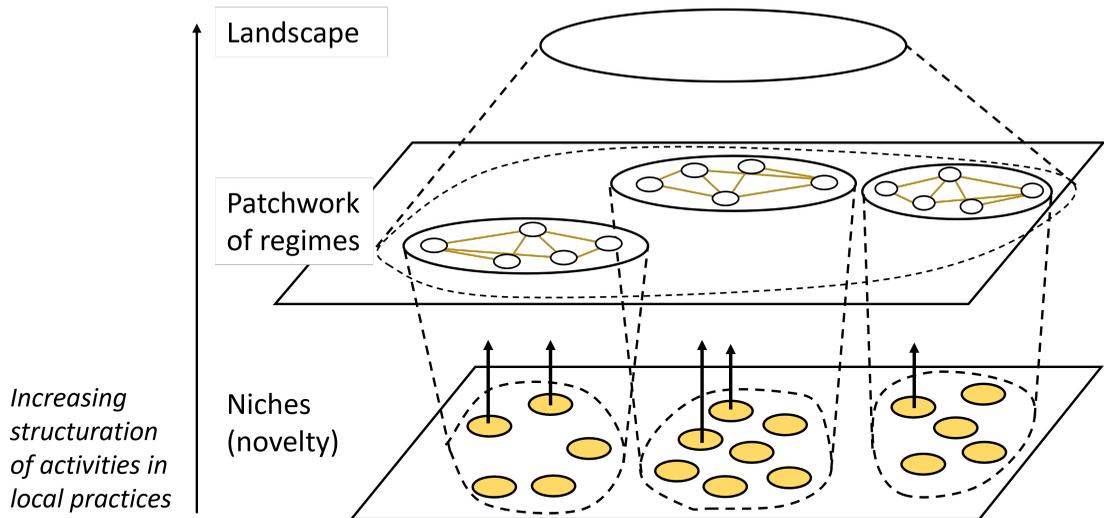


Abbildung 4.2: Analogie der Multilevel-Perspektive zur Strukturierung urbaner Subsysteme [Geels, 2007]

Insgesamt wurden die sektoralen Evolutionsphasen in ihren Stadtsystemen klassifiziert, die nachfolgend kurz eingeführt und über die zugeordneten Innovationen definiert werden. Jedes dieser Stadtsysteme besteht aus weiteren Subsystemen in seiner Funktionserbringung, die wiederum an vielen Stellen vernetzt sind (= Co-Evolution der Stadtsysteme) und damit sich auch in ihrer Entwicklung wechselseitig beeinflussen. Die zugrundeliegenden Daten der 469 Innovationen finden sich der Übersichtlichkeit halber tabellarisch im Anhang (→ Anhang 1/Tabellen A - M):

1. Stadtsystem: Mobilität - Pferdetrans bis Robotaxis (1662 - 2016)
2. Stadtsystem: Energie - Öllampen bis Power-to-Gas (1662 - 2015)
3. Stadtsystem: Gebäude - Fachwerkhaus bis Microhousing (1849 - 2017)
4. Stadtsystem: Kommunikation - Telegraph bis Internet der Dinge (1837 - 2022)
5. Stadtsystem: Wasser - Aquädukt bis Vakuumkanalisation (1804 - 2017)
6. Stadtsystem: Sicherheit - Stadtmauer bis Predictive Policing (1766 - 2014)
7. Stadtsystem: Wirtschaft - Kameralistik bis Robocoins (1762 - 2014)
8. Stadtsystem: Arbeit - Manufakturen bis Micro-Factories (1769 - 2014)

9. Stadtsystem: Ernährung - Armengärten bis Vertical Farming (1746 - 2015)
10. Stadtsystem: Freiraum - öffentlicher Park bis Animal-Aided Design (1637 - 2019)
11. Stadtsystem: Entsorgung - Kehricht bis Reinigungsroboter (1874 - 2016)
12. Stadtsystem: Logistik - Rohrpost bis Lieferdrohnen (1761 - 2019)
13. Stadtsystem: Planung - Idealstadt bis Digitaler Stadtwilling (1699 - 2021)

Das nachfolgende Streudiagramm (siehe Abbildung 4.3) gibt eine Übersicht über das Innovationsaufkommen aller 13 Stadtsysteme und ihren Evolutionsphasen. Dabei liegen alle funktional zugeordneten Innovationen auf je einer Ebene (y-Achse). Als Beispiele sind hier zur Nachvollziehbarkeit die ersten erfassten Innovationen 'Cinque Carrosses' (Ebene 1 - Mobilitätssystem) in Paris und 'öffentliche Öllaternen' in London (beide im Jahr 1662 auf Ebene 1 und 5) zu nennen. Deutlich zeigt sich eine zunehmende Innovationsdynamik im Zeitverlauf.

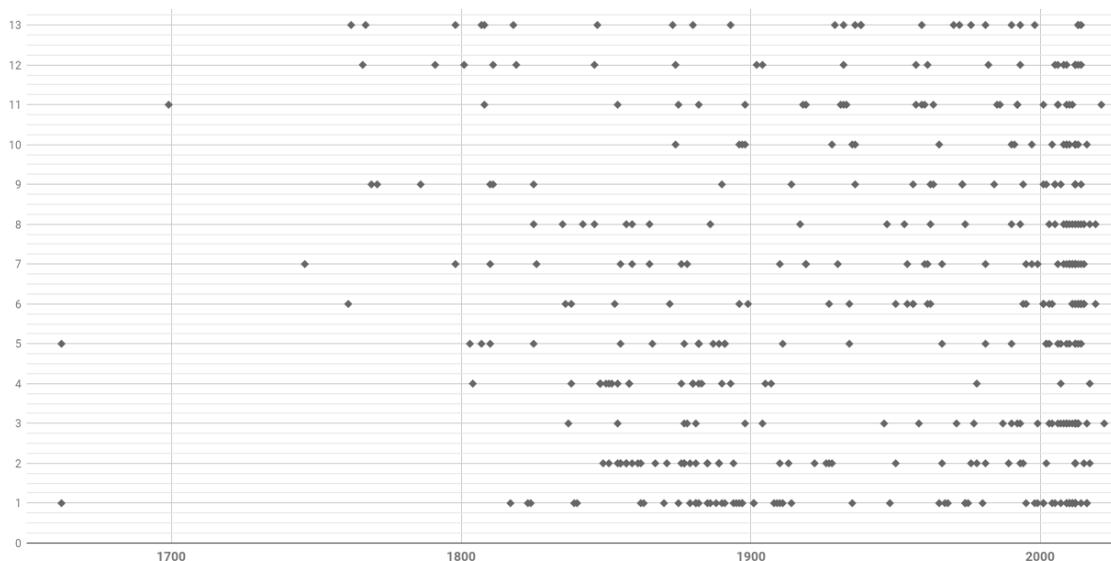


Abbildung 4.3: Übersicht der zeitlichen Verteilung von 469 Innovationen in 13 Stadtsystemen zwischen 1660 bis 2020

Stadtsystem: Mobilität - Pferdetrans bis Robotaxis (1662 - 2016)

Mobilität als Stadtsystem beschreibt die Bereitstellung und den Betrieb von Infrastrukturen und Dienstleistungen zum Transport von Menschen in dicht besiedelten Räumen. Dies umfasst von Beginn der Urbanisierung an die Individualmobilität per Fuß, den Aufbau von öffentlichem schienen- und strassengebundenen Nahverkehr (ÖPNV) sowohl ober- als auch unterirdisch und den strassengebundenen motorisierten Individualverkehr

(MIV) mit den erforderlichen Infrastrukturen für den Betrieb und die damit verbundenen Geschäftsmodelle zur Bereitstellung von urbaner Mobilität.

Aufgrund des hohen Verkehrsflächenbedarfs von anteilig bis zu 40-50 Prozent von Siedlungsflächen hat die zukünftige Entwicklung des Stadtsystems Mobilität eine besondere Bedeutung für die Zukunft der Stadt. Der hohe Anteil von MIV am Modal-Split in nahezu allen Städten (bis auf wenige Ausnahmen) weltweit belegt, wie sehr technische Lösungen wie das Automobil einen Einfluss haben können auf die Stadtentwicklung, sofern sie den Bedarf nach grundsätzlichen Bedürfnissen nach individueller Mobilität befriedigen können. → Anhang 1/Tabelle A

Stadtsystem: Energie - Öllampen bis Power-to-Gas (1662 - 2015)

Energie als Stadtsystem beschreibt die Erzeugung, Transport, Verteilung, Speicherung und Bereitstellung der Energieformen Elektrizität, Wärme und Gas im städtischen Kontext. Dies umfasst alle technischen und infrastrukturellen Komponenten, die zur Durchführung der genannten Leistungen und damit für die energetische Versorgung von Städten und deren Funktionen erforderlich sind. Als vorwiegende Konsumenten bzw. „Inanspruchnehmer“ des urbanen Energiesystems sind zu nennen: private Haushalte mit Funktionen wie Heizen, Kochen, Endgeräte, Beleuchtung und Warmwasser; gewerbliche Nutzer mit Prozesswärme oder dem Betrieb von Maschinen; städtische Unternehmen zum Betrieb der gemeinschaftlichen Infrastruktur wie Kläranlagen, Kommunikationsanlagen, Straßenbeleuchtung oder öffentlicher Einrichtungen.

In der bisherigen Entwicklung des urbanen Energiesystems lässt sich feststellen, dass meist ein primärer Energieträger und die damit verbundenen Anforderungen an Beschaffung und Transport prägend waren für die jeweilige Phase städtischer Entwicklung. Dabei spielte auch die infrastrukturelle Dimension des Systems eine entscheidende Rolle für Bauformen und gesamtstädtische Zonierungen. Aktuell wird der CO₂-Ausstoß pro Einwohner von städtischer Energieerzeugung und -verbrauch als entscheidende Größe für Klimawandel und Energiewende betrachtet. → Anhang 1/Tabelle B

Stadtsystem: Gebäude - Stahlbau bis Microhousing (1849 - 2017)

Gebäude als Stadtsystem umfassen die Gesamtheit der gebauten Umgebung für die bauliche Nutzung von Wohnen, Arbeiten, Handel, Produktion, Kultur oder Sonstigem. Aufgrund der historischen und gewachsenen Entwicklung einer Stadt und ihrer Gebäude ist hierbei von teilweise langen Lebenszyklen und hierdurch begrenzter Umnutzungsfähigkeit auszugehen. Dabei sind Gebäude, beispielsweise im Wohnbereich, Spiegelbild früherer Anforderungen oder gesellschaftlicher Gegebenheiten und haben eine starke Verflechtung in andere Stadtsysteme wie Verkehr (Erreichbarkeit), Wasser (Versorgung), Energie (Ausstattung), Arbeit (Work-Life) oder Sicherheit (Zonierung). Wichtige Kenngrößen sind aktuell die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf in Wohngebäuden und die Erreichbarkeit baulicher Nutzungen in einer Stadt (vgl. 15-Minuten-Stadt).

Technologische Fortschritte haben ermöglicht, dass Gebäude große Höhen erreichen, hohe Aufenthaltsqualität in extremen Klimazonen oder neue Arten der Nutzungsmischung aufweisen können. Die architektonische, infrastrukturelle und funktionale Ausgestaltung von Gebäuden bei Neubau oder Umbau werden von gesetzlichen Vorgaben oder Verordnungen bestimmt. In Deutschland bestimmt beispielsweise der Anschlusszwang an kommunale Versorgungsnetze die Energie- und Wassertechnik zur Gebäudeversorgung. Auch das Verhältnis von Boden und Gebäuden als Privatbesitz oder als (halb)öffentliche Nutzung spielt heutzutage eine bedeutende Rolle für ein strategisches Gebäudemanagement. → Anhang 1/Tabelle C

Stadtsystem: Entsorgung - Kehricht bis Reinigungsroboter (1874 - 2013)

Entsorgung als Stadtsystem beschreibt die Sammlung, Speicherung, Abholung, Lagerung, Verarbeitung und Rezyklierung von städtischen Abfällen bzw. nicht direkt benötigten Ressourcen in dicht besiedelten Räumen. Dies umfasst von Beginn der Urbanisierung an den Umgang mit Abfall, wobei allerdings die sanitären Aufgaben, das heißt die Entsorgung von Exkrementen und Abwässern, im urbanen Wassersystem definiert werden. Es ist zu erwähnen, dass in frühen Zeiten aufgrund fehlender häuslicher Infrastrukturen keine Unterscheidung vorgenommen wurde zwischen Kehricht und Fäkalien. Die Straße musste wohl oder übel beides aufnehmen bis zum nächsten Regenschauer, was meistens negative Auswirkungen auf das Leben und die Gesundheit in der Stadt hatte.

Mit der Industrialisierung und der Einführung neuer, nicht bio-basierter Materialien für Verpackungen o.ä. kamen auf die Entsorgung neue Herausforderungen zu, die bis heute anhalten. Im Jahr 2021 betrug der Müll der privaten Haushalte in Deutschland pro Kopf 483 kg, wobei 159 kg auf Hausmüll, 134 kg auf Biomüll, 37 kg Sperrmüll, 149 kg Wertstoffe sowie 3 kg sonstiger Abfall entfallen [Destatis, 2022]. Die Gesamtmenge pro Kopf ist dabei seit Jahren leicht steigend. Im Vergleich dazu können die USA mit ca. 800 kg Haushaltsmüll pro Kopf und China mit aktuell 117 kg genannt werden. → Anhang 1/Tabelle D

Stadtsystem: Kommunikation - Telegraph bis Internet der Dinge (1837 - 2022)

Kommunikation als Stadtsystem beschreibt den Informationsaustausch zwischen Personen in Form von Telekommunikation über entfernte Distanzen. Dies umfasst den Übergang von mechanischen, und damit manuellen hin zu digitalen, und damit automatisierten Nachrichtenübertragungssystemen, die die Grundlage für die Kommunikation innerhalb von Städten und zwischen verschiedenen Städten darstellen. Relevant ist hierbei in der neueren Zeit auch die Entwicklung von klassischen 'One-to-One' hin zu 'One-to-Many'-Systemen in Form von sozialen Netzwerken, Kommunikationsplattformen und anderen.

Im städtischen Kontext umfasst Kommunikation zumeist die infrastrukturelle Vernetzung auf infrastruktureller Ebene für einzelne Flächennutzungen wie Wohnen, Gewerbe

und co. Im Stadtraum sind davon Medienträger wie Litfaßsäulen und Anzeigetafeln oder Kommunikationsdienste wie Telefonzellen oder Info-Terminals sichtbar. Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) verbindet dabei heute physische Objekte mit der virtuellen Welt. Intelligente Geräte und Maschinen sind dabei miteinander und digital mit dem Internet vernetzt. Sie erfassen mit technologischer Hilfe relevante Informationen über ihre unmittelbare Umgebung, analysieren diese und verknüpfen sie [Hassan, 2015].

→ Anhang 1/Tabelle E

Stadtsystem: Wasser - Aquädukt bis Vakuumkanalisation (1804 - 2017)

Wasser als Stadtsystem beschreibt die Anlieferung, Sammlung, Verteilung und Aufbereitung von privatem sowie gewerblichem Trink- und Abwasser sowie die Sammlung, Abführung und Entsorgung von Regenwasser in innerstädtischen Gebieten. Als Infrastruktur umfasst dies die Versorgungskette von Trinkwasserleitungen, Kläranlagen, Kanalisation, Regenauffangbecken und Sanitäranlagen zur Erfüllung dieser Aufgaben. Während in der Antike bereits vielfältiges Wissen zur Sicherstellung von Wasserver- und -entsorgung herrschte, gab es im Mittelalter kaum noch hochentwickelte Versorgungsmechanismen zur Gewährleistung einer Regelversorgung von Städten mit Grundwasser.

In der Neuzeit haben sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts dauerhafte und umfangreiche Wasserinfrastrukturen in Städten etabliert, die unterirdisch verlegt sind und meist in Form von Mischkanalisationen den urbanen Wasserkreislauf bewältigen. An das Wassersystem angehängt sind öffentliche Nutzungen wie städtische Bäder oder Brunnen im Stadtraum. Dabei ist das Wassersystem im Vergleich zu anderen Stadtsystemen bereits relativ geschlossen, hat also einen hohen Kreislaufcharakter. → Anhang 1/Tabelle F

Stadtsystem: Sicherheit - Stadtmauer bis Predictive Policing (1766 - 2014)

Sicherheit als Stadtsystem beschreibt den Schutz der geschriebenen Rechtsordnung, der kommunalen Verwaltungshoheit und seiner Institutionen und der individuellen Rechtsgüter der Bürger. Die geschriebene Rechtsordnung umfasst dabei bestehende Gesetze und sonstige Rechtsvorschriften auf städtischer Ebene als Gebietskörperschaft. Öffentliche bzw. urbane Sicherheit kann dabei bezüglich Gefahrenlagen von innen und von außen unterschieden werden.

In der Geschichte der Stadtentwicklung war der Schutz vor militärischen Angriffen von außen eine wichtige Funktion, die meist in Form von Befestigungsanlagen wie Stadtmauern gewährleistet wurden. Dies verändert sich über Zeit durch technische und politische Innovationen. Urbane Sicherheit nach innen umfasst in erster Linie den Schutz vor Kriminalität in ihren unterschiedlichen Formen, bis hin zum Schutz technischer und infrastruktureller Infrastrukturen, beispielsweise im Kontext von Terrorismus in seiner heutigen Form [Floeting, 2022]. Heutzutage wird der Ansatz von 'präventiver Sicherheit' wichtiger, die bereits im Vorfeld sicherheitsrelevanter Vorfälle nach intelligenten Maßnahmen zur Risikominierung sucht [Pervölz, 2021]. → Anhang 1/Tabelle G

Stadtsystem: Wirtschaft - Kameralistik bis Robocoins (1762 - 2014)

Wirtschaft als Stadtsystem beschreibt die ökonomische Perspektive urbaner Räume, die der Schaffung von Arbeitsplätzen und Erzeugung und Sicherung von Wertschöpfung dienen. Dazu gehören alle Komponenten, die der urbanen Wertschöpfung dienen und damit beispielsweise Bürogebäude, Fabrikationsstätten, Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Handelsorte oder Dienstleistungszentren umfassen. Ausgehend von der Sektoretheorie in der Volkswirtschaft kann hierbei einleitend von primärem (Rohstoffgewinnung), sekundärem (Rohstoffverarbeitung) und tertiärem (Dienstleistung) Sektor gesprochen werden. Seit kurzem wird auch ein quartärer Sektor (Information) diskutiert, der eine Differenzierung der Dienstleistungsgesellschaft und der Wissensgesellschaft ermöglicht.

Neben dem privaten Sektor sind in der Stadt auch der öffentliche Sektor mit eigenen kommunalen Betrieben, der sich der Daseinsvorsorge und Instandhaltung öffentlicher Infrastrukturen verschrieben hat, sowie der Non-Profit-Sektor mit gemeinnützigem Interesse zu benennen. Relevant für die Stadt von morgen sind dabei der benötigte Raum, entsprechende Standortfaktoren und die damit verbundenen Arbeitsplätze zur Sicherung von Wohlstands und Gewerbesteuern einer Stadt. → Anhang 1/Tabelle H

Stadtsystem: Arbeit - Manufakturen bis Micro-Factories (1769 - 2014)

Arbeit als Stadtsystem umfasst im Weiteren alle relevanten Komponenten und Prozesse, die für Erwerbsarbeit im engeren Sinn in einer Stadt von Bedeutung sind. Im volkswirtschaftlichen Sinn wird Arbeit somit als Produktionsfaktor, vergleichbar mit Boden oder Kapital, aufgefasst und definiert. Das Gabler Wirtschaftslexikon definiert Arbeit als 'zielgerichtete, soziale, planmäßige und bewusste, körperliche und geistige Tätigkeit' [Lindner, 2022] und dient damit der Existenzsicherung des Einzelnen. Bezogen auf den städtischen Kontext war Arbeit in Städten ursprünglich unmittelbar mit Wohnen verknüpft, Handwerksbetriebe oder Manufakturen waren Teil des Stadthauses und nur wenige Arbeiter teilten sich eine Arbeitsstätte. Mit Etablierung eines weltweiten Handelssystems im 18. Jahrhundert entstanden mehr und mehr Kontorhäuser, die erhöhte Anforderungen an Arbeitsplätze für Buchhaltung und Warenkontrolle hatten.

Die Industrialisierung brachte in der Produktionsarbeit eine zunehmende Mechanisierung mit sich bis hin zu großen Produktionsstätten am Rande der Städte. Weiterentwicklungen entstanden mit der Digitalisierung der Arbeit ausgehend vom PC bis zur heutigen Informations- und Wissensgesellschaft. Aktuell wird dabei unterschieden zwischen Büro-, Dienstleistungs- und Produktionsarbeit, die allesamt vernetzt in Städten ablaufen und sich durch räumliche Funktionstrennung in speziell zugeordneten Bereichen abspielen, z.B. in Gewerbegebieten, Büroparks oder Handelszentren. Im Kontext der europäischen Stadt wird dabei seit mehreren Jahren wieder eine stärkere Durchmischung von Wohnen und Arbeiten angestrebt. → Anhang 1/Tabelle I

Stadtsystem: Ernährung - Armengärten bis Vertical Farming (1746 - 2015)

Ernährung als Stadtsystem beschreibt die Erzeugung, Verarbeitung, Konservierung, Transport, Konsum und Resteverwertung von Lebensmitteln im städtischen Kontext. Für den durchschnittlichen mitteleuropäischen Esser (mitsamt Fleischkonsum) werden heute ungefähr 4.000 Quadratmeter an landwirtschaftlicher Fläche benötigt. Ausgehend von der klassischen Dreifelderwirtschaft seit dem Mittelalter entwickelten sich differenzierte Bodennutzungsmodelle (z.B. Thünensche Ringe) um Städte als künftige Großverbraucher heraus. Schneller verderbliche Lebensmittel wurden aufgrund möglichst kurzer Transportwege trotz des knappen Raums dennoch in Städten oder in deren unmittelbarer Nähe kultiviert. Beispielsweise bauten geschätzte 8.500 selbständige Gärtner Mitte des 19. Jahrhunderts auf etwa 1.400 Hektar, einem Sechstel der Stadtfläche von Paris, Obst und Gemüse an [Cockrall-King, 2012].

Durch Innovationen im Bereich der Nahrungsmittelkonservierung (Linde-Verfahren), Transport (Eisenbahn, LKW, Containerschiff) und Produktivität (Grüne Revolution, Massentierhaltung) werden mittlerweile auf einer Gesamtfläche von über fünf Milliarden Hektar (37% der Landfläche unserer Erde) weltweit Land- und Viehwirtschaft betrieben, was nur noch im Bereich von Lebensmittelverteilung und -konsum für Städte relevant ist [Jering, 2019]. Dennoch zeigen Trends wie urbaner Gartenbau und 'Vertical Farming' Gegenbewegungen und neue Perspektiven auf. → Anhang 1/Tabelle J

Stadtsystem: Freiraum - öffentlicher Park bis Animal-Aided Design (1637 - 2019)

Freiraum als Stadtsystem ist im Prinzip so alt wie die Stadt als kulturelles Artefakt selbst. Die ersten Siedlungen waren in der Natur und in direkter Interaktion mit ihr. Im Zuge der industriellen Revolution geriet diese Beziehung stark in den Hintergrund, da immer mehr städtische Fläche baulich genutzt wurde. Selbst landwirtschaftliche Nutzungen wurden in diesem Zug 'outgesourct' und räumlich verdrängt. Eine erste Gegenbewegung entstand mit dem Konzept der 'Gartenstädte' in Großbritannien Ende des 19. Jahrhunderts mit dem Ziel, gebaute Umgebung und Freiraum verträglich und in Balance zu gestalten. Gesundheit und Lebensqualität waren wichtige Treiber dieser Entwicklung.

Mittlerweile liegen umfangreiche Forschungen vor, die den Zusammenhang zwischen gesundheitlichem Wohlbefinden einer Stadtbevölkerung und der Erreichbarkeit von Grünräumen belegen [Brei, 2009]. Neben der ersten Öffnung von Parks für die Öffentlichkeit in der Geschichte (Hyde Park, 1637) kommt dem urbanen Freiraumsystem als grün-blaue Infrastruktur und Habitat für Pflanzen- und Tierwelt im Kontext des Erhalts von Biodiversität, naturbasierten Lösungen (NBS) und der Klimafolgenanpassung eine immer wichtigere Bedeutung zu. Statistisch stehen in deutschen Städten pro Kopf 25m² Grünflächen zur Verfügung [Destatis, 2020]. Großstädte wie Hamburg können trotz hoher Dichte über 70 Prozent des Stadtgebiets als Naturraum vorweisen [Statista, 2016]. → Anhang 1/Tabelle K

Stadtsystem: Logistik - Rohrpost bis Lieferdrohnen (1761 - 2019)

Städte erfüllen neben ihren primären Daseinsgrundfunktionen (DSGF) stets auch dienende und sekundäre Funktionen, zu denen urbane Logistiksysteme gehören. Jedes logistische System dient der raum-, zeit-, art- und mengenmäßigen Veränderung von Gütern durch Transport, Lagerung oder Verteilung [Koether, 2004]. Dies steht somit in engem Zusammenhang mit der urbanen Ernährungsversorgung über Einzelhandel oder Direktzustellung (Online) sowie dem Wirtschaftssystem mit hohem Materialeinsatz und verzweigten Lieferketten. Bauliche Infrastrukturen wie Güterbahnhöfe (Schiene), Wirtschaftshäfen (Schiff), Güterverteilzentren (LKW) und Kurierdienste (Vans) sind dabei moderne Ausprägungen der Globalisierung, die in vielen Städten räumlich präsent sind. Aktuelle Trends im Online-Handel mit steigenden Lieferaufkommen verstärken dabei den Druck auf der 'letzten Meile' in Städten.

Güterverkehr ist heute – anders als zu vorindustrieller Zeit – immer mit dem Ausstoß von klimaschädlichen Emissionen verbunden [Petrich, 2006]. Dies gilt es im Prinzip für jegliche Logistikverkehre in der Dekarbonisierung zu berücksichtigen. Zudem spielen technologische Faktoren wie Just-in-Time-Lagerung, prädiktives Versenden (mittels KI), Drohneneinsatz, datenbasierte Routenplanung oder verteilte Abholstationen eine zunehmende Rolle, wenn kundenseitig kürzere Lieferzeiten (teilweise <10 Minuten) und eine immer größere Warenvialfalt nachgefragt werden. Offen bleibt für die Zukunft, ob und wie disruptive Technologien wie 3D-Druck oder regionale Kreislaufökonomien urbane Logistiksysteme beeinflussen werden. → Anhang 1/Tabelle L

Stadtsystem: Planung - Idealstadt bis digitale Stadtzwillung (1699 - 2021)

Planung als Stadtsystem umfasst die gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns und politischer Entscheidungsprozesse, die sich mit der Planung und Steuerung der räumlichen Entwicklung auf der kommunalen Ebene beschäftigt [Pahl-Weber, 2018]. Es umfasst als Veränderungsprozess alle Tätigkeiten zur vorausschauenden Ordnung und Lenkung der Entwicklung der gebauten Umwelt in städtischen wie auch ländlichen Räumen und deren jeweiligen Teilräumen [ebd.]. Hierbei ist auch eine technologische Ebene zu berücksichtigen, die mittels Planungsunterstützungssystemen (z.B. als Geoinformationssysteme), partizipativen Werkzeugen und datenbasierter Analysen beziehungsweise Simulationen menschliche Entscheidungsprozesse ergänzt.

Oft gehen kommunalen Planungen auch normative Leitbilder voraus, die auf dem jeweiligen Wissensstand der Wissenschaft und Praxis aufsetzen und über mehrere Jahrzehnte Bestand haben können. In der Nachkriegszeit war dies das Konzept der autogerechten Stadt, die aufgrund ihrer räumlichen Funktionstrennung im Nachhinein viele Probleme in Städten erzeugt hat. Mittlerweile wird intensiv an der Umsetzung der nachhaltigen europäischen Stadt [BMUB, 2007] mit kurzen Wegen und hoher Durchmischung gearbeitet. Im Smart-City-Kontext können dabei evidenzbasierte Entscheidungen auf Basis umfassender Daten von zahlreichen Stadtprozessen und Umwelteinwirkungen

wichtige Beiträge leisten. Im Zuge sich beschleunigender technologischer Entwicklungen [Kurzweil, 2001] werden für urbane Planungssysteme Aspekte der Anpassungsfähigkeit und Technologieoffenheit zunehmend relevant. → Anhang 1/Tabelle M

4.1.3 Selektionskriterien für urbane Innovationen

Aufbauend auf der Zerlegung des Systems Stadt in 13 Subsysteme ist es erforderlich, die Selektionskriterien zu bestimmen, die eine Innovation als 'urban' definieren. Da in der Literatur an verschiedenen Stellen zwar Innovationsbeispiele im städtischen Kontext benannt werden, die als urbane Innovationen begriffen werden können, diese aber nicht hinreichend definiert sind, wird über ein theoretisches Sampling nach Glaser/Strauss ein erstes Set an Definitionskriterien für die folgenden Referenzfälle definiert [Glaser, 1979].

Sowohl Schot wie Nefiodow messen beispielsweise den Innovationen 'Abwasserkanalisation' und 'Eisenbahn' in der Literatur eine bedeutende Systemveränderung (sozio-technische Transition) bei, die später exemplarisch jeweils auf ihren Einfluss auf die damalige Stadtstruktur untersucht werden soll und erste Kriterien zur Erhebung geeigneter Fälle urbaner Innovationen erzeugen sollte [Geels, 2007; Nefiodow, 2017]. Zu Beginn wird hierbei von den folgenden drei grundlegenden Kriterien einer Innovation ausgegangen [Johannessen, 2001]:

- Kriterium A: Bedarfsdeckung – die Innovation deckt einen gesellschaftlichen Bedarf, indem sie einen neuen Nutzen bereitstellt. Gleichzeitig befördert bzw. verstärkt sie den Bedarf in ihrer Diffusion.
- Kriterium B: Neuerung – die Innovation stellt ein neues Funktionsprinzip (z.B. technisch, organisatorisch, ökonomisch, sozial) dar, welches ein bestehendes ablöst oder obsolet macht.
- Kriterium C: Systemwirkung – die Innovation hat systemischen Einfluss oder Auswirkungen auf ein Stadtsystem mit starken Veränderungen von gesellschaftlichen Verhaltensmustern und sozio-technischen Regimen [Richter, 2014].

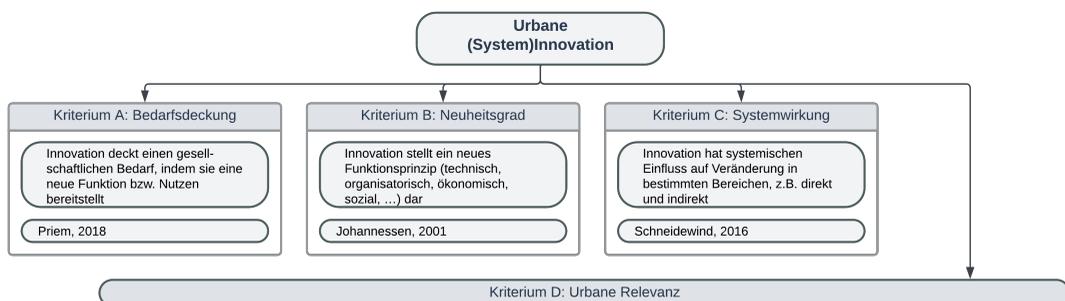


Abbildung 4.4: Primäre Kriterien zur Definition 'urbaner (System)Innovation'

Zusätzlich zu den oben genannten Kriterien (siehe Abbildung 4.4) soll die Relevanz im Stadtsystem, also der direkte oder indirekte Einfluss der Innovation auf die Funktionsweise einer Stadt oder ihrer Entwicklung überprüft werden. Hierzu sollten in der Literatur rückblickend deutliche Veränderungen gegenüber dem vorigen Zustand im Stadtsystem festzustellen sein, die beispielsweise bestimmte Prozesse nach Einführung signifikant verändern. Als weiteres Konstrukt für eine urbane Innovation wird somit Kriterium D eingeführt und im nächsten Abschnitt wissenschaftlich belegt:

- Kriterium D: Urbane Relevanz – die Innovation stellt mindestens eine neue Funktion im städtischen Alltag bereit und verändert mittelbar oder unmittelbar die Stadtentwicklung.

Herleitung Kriterium D für 'Urbane Relevanz'

In der Fachliteratur finden sich verschiedene Hinweise, in welchem Kontext eine Innovation und eine Stadt als Wirkungssystem stehen können. Diese Parameter werden im Folgenden schrittweise eingeführt und zu einem gemeinsamen Kriterien-Set kombiniert.

Parameter D₁ ‚Einfluss auf Stadtraum‘

Ein prägnantes Beispiel findet sich bei Curdes, der sozialen und technischen Innovationen einen direkten Einfluss auf die Raumstruktur einer Stadt zuspricht [Curdes, 1998]: *'So hat die Altersversicherung die Kleinfamilie begünstigt, und diese wiederum die Nachfrage nach Einfamilienhäusern. Die Massentransportmittel begünstigen Verdichtungen an den Knoten und Radialen, das Auto begünstigt die Auffüllung der Zwischenräume und der Peripherie. Ohne das Auto als Massentransportmittel gäbe es die heutige Form der Suburbanisierung nicht'* [ebd.]. Ähnlich definiert dies Matern, für sie *'ermöglichen technische Neuerungen in Infrastrukturen beispielsweise Skalensprünge in der Dichte oder der Ausdehnung von urbanen Räumen'* [Matern, 2016]. Sie versteht Infrastrukturen (und ihre Veränderung durch Innovationen innerhalb dieser Systeme) mit ihren Artefakten und Vernetzungen als wichtige Grundlagen städtischen Handelns: *'Sie strukturieren den urbanen Raum, indem sie als Vermittler in den Austauschbeziehungen von Natur, Mensch und Stadt wirken und Bewegungen von Menschen, Informationen, Gütern und Stoffströmen organisieren'* [ebd.]. Auch Ibert sieht Innovation im Kontext der Stadt nicht nur als *'Optimierungen bewährter Routinen, sondern als grundlegende Ziel- und Verfahrenswechsel, um substanzielle Neuerungen in der Praxis der Steuerung der räumlichen Entwicklung und Gestaltung der gebauten Umwelt'* zu generieren [Ibert, 2015]. Für ihn sind Fußgängerzonen und Tempo-30-Zonen Beispiele für urbane Produktinnovationen; der städtebauliche Rahmenplan und der Vorhaben- und Erschließungsplan wären Beispiele für Prozessinnovationen [ebd.].

Somit lassen sich mehrere unabhängige Beispiele und Quellen aufführen, die Innovationen deutlich in den Kontext von Stadtentwicklung und städtischem Raum setzen.

Damit kann das Merkmal ‚Einfluss auf Stadtraum‘ (D.1) zur Teildefinition einer ‚urbanen Innovation‘ festgestellt werden.

Parameter D.2 ‚Einfluss auf Daseinsgrundfunktion‘

Zusätzlich wird die Hypothese aufgestellt, dass neben dem Merkmal ‚Stadtraum‘ auch dem Merkmal ‚Funktion‘ eine wichtige Eigenschaft zukommt. Die Funktion eines Objekts bezeichnet dabei die Aufgabe, die es zu erfüllen hat. Die Funktion stellt neben Form, Material, Struktur usw. ein wesentliches Charakteristikum eines jeden Objektes dar, das in irgendeiner Form ge- oder benutzt wird [Rehmann-Sutter, 1996]. Somit kann auch einer Innovation im Stadtraum eine bestimmte Funktion, sichtbar oder unsichtbar, zugewiesen werden. Beispielsweise hat die erste Telefonzelle eine völlig neue Funktion in den öffentlichen Raum eingebracht: Menschen waren in der Lage, direkt mit ihren Mitmenschen über beliebig weite Strecken zu kommunizieren – außerhalb ihres Zuhauses oder eines Telegrafenamts.Á

Die Bereitstellung des öffentlichen Volksbrausebads durch Oskar Lassar (1883) ermöglichte erstmalig Hygienefunktionen im öffentlichen Raum bzw. als öffentliche Nutzung, der erste Gussasphalt (1824) ermöglichte der Damenwelt erstmals in hochhackigen Schuhen angenehm zu laufen, der erste Spielplatz (1811) bot eine sichere Umgebung für die Jugend, das erste kostenlose öffentliche W-LAN (2004) verbesserte den Informationszugang und so weiter. In allen Beispielen fand eine planerisch überlegte, aber vorher nicht bekannte Funktionserweiterung im Stadtraum statt, die in der Nutzung zumindest einem Teil der Stadtbevölkerung direkt zugutekam.Á

Das Merkmal ‚Funktion‘ lässt sich für eine Innovation im urbanen Raum aus der Definition einer Produktinnovation ableiten, welches jedoch im städtischen Kontext eingesetzt wird [Gausemeier, 2001]: Somit ist eine Telefonzelle in einem Bürogebäude, welches nur der dortigen Belegschaft zur Verfügung steht, keine urbane Innovation. Erst durch den Einsatz im öffentlichen Raum wird das Produkt ‚Telefon‘ zu einer ‚Telefonzelle‘ und damit auch funktional auf städtischer Ebene aktiv. Ähnlich verhält es sich bei der oben erwähnten Innovation ‚Volksbrausebad‘ – eine Dusche im privaten Haushalt weist zwar dieselbe Funktion auf, ist aber aus den oben genannten Gründen nicht als urbane Innovation zu definieren.Á

Hierbei zeigt sich zur Definition einer urbanen Innovation die enge Wechselwirkung zwischen den Merkmalen ‚Raum‘ und ‚Funktion‘ (D.2), eine Innovation wird erst durch die Bereitstellung einer neuen Funktion im urbanen Raum zu einer urbanen Innovation, und somit spielen also auch Aspekte der Barrierefreiheit bzw. der sozialen Zugänglichkeit einer Innovation eine wichtige Rolle bei ihrer funktionalen Einordnung.Á

Parameter D.3 ‚Einfluss auf Stadtorganisation‘

Ein drittes Kriterium zur Bestimmung einer urbanen Innovation ist das Merkmal ‚Organisation‘ [Heideloff, 1998]. Eine Innovation soll dann urbane Relevanz haben, wenn sie Einfluss auf die Prozesse oder Abläufe einer Stadt ausübt. Dies kann abweichend sein zum Merkmal ‚Funktion‘. In der Betriebswirtschaft und Innovationsforschung beschreibt eine organisatorische Innovation (= Strukturinnovation) die ‚Veränderung, Weiter- oder Neuentwicklung von innerbetrieblichen Strukturen. Gestaltungsfelder von Strukturinnovationen sind Aufbauorganisation, Ablauforganisation und Kooperationen oder Joint Ventures‘ [ebd.]. Wenn man ein Unternehmen mit einer Stadt als Organisation (räumlich, akteursbezogen, strukturell) vergleicht, sind damit neue städtische Organisationsstrukturen und –abläufe zu verstehen.

Anhand der folgenden Beispiele im urbanen Kontext soll dies belegt werden: Ein klassisches Beispiel für veränderte Prozesse war beispielsweise die Einführung der Schichtarbeit (1890), die plötzlich ein anderes Pendelverhalten gegenüber klassischen ‚nine-to-five‘-Arbeitszeitmodellen der arbeitenden Bevölkerung nach sich zog – Mobilitätsprozesse veränderten sich, ohne dass eine neue Funktion entstand. Allerdings ergaben sich neue Anforderungen an vorhandene Funktionen, z.B. durch zusätzliche Mobilitätsangebote. Ein weiteres Beispiel stellt die Entstehung von Einkaufszentren (Kansas City, 1927) am Stadtrand bzw. in peripheren Gebieten dar, was keine neue Funktion per se damals darstellte, aber den Handel aufgrund der verbesserten Erreichbarkeit mit dem Auto anders organisierte und damit auch Einkaufsprozesse beeinflusste.

Parameter D.4 ‚Einfluss auf Klimawirkung‘

Welche ökologische Aufgabe hat das Konzept ‚Stadt‘ im heutigen Zeitalter? Es stellt mittlerweile eine naheliegende und ebenso fast alternativlose Chance dar, einer maximalen Anzahl Menschen mit minimalen ökologischen Ressourcen auf unserem Planeten einen adäquaten Lebensraum zu bieten [Schellnhuber, 2011]. Dies ist eine der wichtigsten gesellschaftlichen Aufgaben unserer Zeit und damit sind auch Veränderungen der Stadtsysteme dahingehend zu lenken, durch Innovationen einen positiven Beitrag zur ökologischen Verträglichkeit zu leisten. Zahlreiche Städte haben im Kontext der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDG) formelle Beschlüsse hierzu verfasst.

Dies kann über vielerlei Ansätze erfolgen, wie die neuere Literatur aufzeigt [vgl. Geels, 2005a; Eckhardt, 2015; Burmeister, 2016]: Elektrofahrzeuge können mit Ökostrom die Treibhausemissionen im Verkehrssektor senken, Informationsplattformen können die Lebensmittelverschwendung reduzieren, intelligente Straßenbeleuchtungen Energieverbrauch minimieren und gleichzeitig die lokale Biodiversität (vgl. Lichtverschmutzung) berücksichtigen.

Die Relevanz von Innovation zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen statiert auch Fichter: ‚Dies [...] impliziert nicht nur kontinuierliche Transformationsprozesse, sondern auch vielzählige diskontinuierliche Neuerungen, also Innovationen [Fichter, 2004]. Der

Abbau von Armut, die Reduzierung klimaschädlicher Treibhausgase oder die Sicherstellung kreislauffähiger Produkte und Materialien sind ohne eine Vielzahl von Produkt-, Prozess-, System- und organisationaler Innovationen nicht möglich' [ebd.].

Damit kommt umweltorientierten Innovationen auf kommunaler und stadträumlicher Ebene zukünftig eine zentrale Bedeutung zu. Allerdings besteht gerade im urbanen Kontext eine hohe Komplexität von Einflussebenen wie Technik, Nutzer, Politik und deren Wechselwirkungen, die die transparente Bewertung von Nachhaltigkeitsinnovationen, d.h. ökologischen Effekten von Innovationen, erschwert. Beispielsweise kann Elektromobilität bei Verwendung von Kohlestrom genauso klimaschädlich sein wie Verbrennungsmotoren, neue Technologien wie autonomes Fahren können mehr Verkehr produzieren oder auch weniger – je nach technologischer und systemischer Einbettung. Hierbei gelten auch die Kranzbergschen Gesetze, vor allem das erste [Kranzberg, 1986]: 'Technik ist weder gut noch böse; noch ist sie neutral.' Je nach kontextueller Einbettung einer (technischen) Innovation verändert sich damit auch ihr Wirkungsgrad bzw. ihr gesellschaftlicher Nutzen, oft existieren auch beide Seiten parallel. Beispielsweise war das Automobil bei seiner Einführung eine ersehnte Alternative für die tausenden Pferdekutschen mit ihren Exkrementen (vgl. Horse Manure Crisis 1894), auf der anderen Seite erzeugte es klimaschädliche Emissionen, wobei es immerhin vor hundert Jahren eine Ära in einigen Städten gab, bei dem mehr Elektromotoren als Verbrennungsmotoren im Einsatz waren.

Für die Bewertung einer urbanen Innovation sollen zur Operationalisierung (aus Gründen der Einfachheit) nur diejenigen direkten Effekte betrachtet werden, die in derselben Funktionsebene, z.B. Mobilität, liegen und für die ein direkter Vergleich der Klimawirkung zur Vorgänger-Innovation theoretisch positiv ausfällt. Es muss also ein Potenzial bestehen für eine verbesserte Klimawirkung, welches nicht zwingend auch umgesetzt wurde. Damit hat eine Innovation wie 'autofreies Quartier' eine positive Bewertung, da theoretisch weniger Verkehr im Quartier anfällt und gegenüber der Vorgängersituation, also einem gewöhnlichen Wohnquartier, geringere Klimaschäden zu erwarten sind. Dabei spielt auch der kulturelle bzw. verhaltensökonomische Einfluss eine gewisse Rolle. Hierzu ist abschließend festzustellen, dass eine urbane Innovation dann eine positive Bewertung ihrer Umweltrelevanz (D.4) hat, wenn sie gegenüber einer ‚partiellen Systemanpassung‘ und einer ‚Systemoptimierung‘ ein Vielfaches an Effekten theoretisch erwarten lässt [Geels, 2007].

4.1.4 Kriterienüberprüfung anhand von Fallbeispielen

Aufbauend auf der erfolgten Einführung geeigneter Prüfkriterien werden anhand zweier Fallbeispiele deren Praktikabilität untersucht und deren Anwendung demonstriert. Hierzu wurden aus ersten Recherchen die Stichproben die vermuteten Innovationen 'U-Bahn' und 'Nachtbürgermeister' per Zufallsprinzip ausgewählt. Diese stammen aus unterschiedlichen Zeitabschnitten (19. und 21. Jahrhundert) und unterscheiden sich zwi-

schen technisch-urbanem und sozio-urbanem Schwerpunkt. Über einen Funktionsbaum werden jeweils wesentliche Beschreibungsmerkmale erfasst [Ponn, 2008]. Im Idealfall kann für beide Fallbeispiele eine Klassifikation als urbane Innovation bestätigt werden.

Nachfolgend ist (siehe Abbildung 4.5) hierzu als Definitionsrahmen eine Übersicht der bisherigen Kriterien Bedarf (A), Neuerung (B), Systemwirkung (C) zuzüglich der vier neu eingeführten Parameter für das Kriterium 'Urbane Relevanz' (D) dargestellt. Mit dieser Definition einer urbanen (System)Innovation kann im nächsten Schritt eine fallweise Überprüfung der Kriterien an in der Literatur gefundenen Beispielen erfolgen. Dabei soll ausreichend sein, wenn neben den notwendigen Kriterien A - C mindestens einer der hinreichen D.1-4-Parameter positiv bewertet werden kann. Eine urbane Innovation kann somit unterschiedlich (räumlich, funktional, organisatorisch, ökologisch) wirken, muss aber stets innerhalb eines Stadtsystems verortet sein.

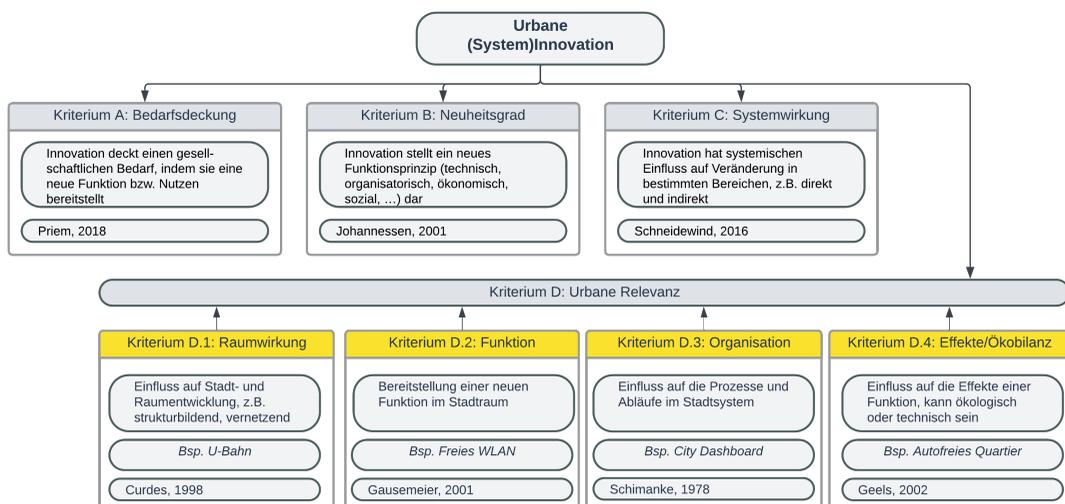


Abbildung 4.5: Um sekundäre (D.1-D.4) Kriterien ergänzte Definition einer urbanen (System-)Innovation (UI)

Kriterienüberprüfung an Beispiel 1: U-Bahn (London, 1863)

Nach der weltweit ersten Pilotierung der Eisenbahn 1825 auf der Strecke Stockton – Darlington in Großbritannien wurde 1863 die erste U-Bahn der Welt in London auf der Strecke zwischen Paddington Station und Farringdon in Betrieb genommen. Viele Städte folgten diesem Beispiel und übernahmen (adoptierten) die Innovation bei sich. Im Folgenden soll nachgewiesen werden, dass dabei die Kriterien als urbane Innovation gemäß der eingeführten Kriterien erfüllt sind. Über einen Funktionsbaum wurde das Beispiel hinsichtlich der zuvor definierten Kriterien analysiert (siehe Abbildung 4.6).

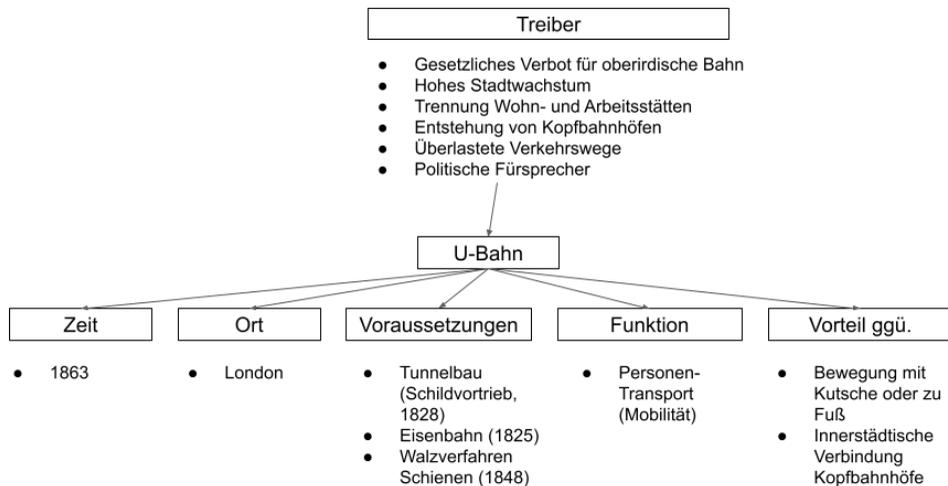


Abbildung 4.6: Funktionsbaum mit Beschreibungsmerkmalen der UI 'U-Bahn'

Im Anhang (→ Anhang 4/Checklisten zu UI-Kriterien - Fallüberprüfung 1) findet sich tabellarisch die qualitative Überprüfung anhand der eingeführten Selektionskriterien. Damit können die oben eingeführten Kriterien, Bedarfsdeckung, Neuerung, Diffusion und urbane Relevanz nachgewiesen werden. Mit der innerstädtischen Anwendung der Innovation 'U-Bahn', d.h. der wirtschaftlichen Kombination von Basistechnologien (technische Voraussetzungen) in der Stadt London, kann in diesem Fall von einer urbanen Innovation gesprochen werden. Diese setzte sich in der Geschichte seither in vielen Städten fort und bestimmt heute meist das Bild einer modernen (Groß)Stadt.

Das Prinzip, wie es in London das erste Mal eingesetzt wurde, war damit strukturbildend für alle späteren Adaptionen. Dabei ist zudem eine klare Pfadabhängigkeit dieser Infrastruktur als urbane Innovation festzustellen, die damalige Alternativen wie Hochbahnen oder atmosphärische Eisenbahnen über kurz oder lang dominierte [Frantzeskaki, 2010].

Kriterienüberprüfung an Beispiel 2: Nachtbürgermeister (Amsterdam, 2012)

Der Nachtbürgermeister ist eine formell-informelle Funktion an der Schnittstelle einer Stadtverwaltung und der Öffentlichkeit. Er kümmert sich per Definition um die Interessen der Nachtwirtschaft ('nighttime economy') als wichtigem Bestandteil der Attraktivität und kultureller Angebote. Während der Begriff bereits seit den 1970er Jahren in den Niederlanden informell, aber ohne echtem Mandat, existierte, kann der 'Nachtbürgermeister' seit 2012 und seiner Institutionalisierung durch die Stadtverwaltung in Amsterdam als Verwaltungs-Innovation (UI) aufgefasst werden. Über einen Funktionsbaum wurde das Beispiel hinsichtlich erkennbarer Kriterien analysiert (siehe Abbildung 4.7).

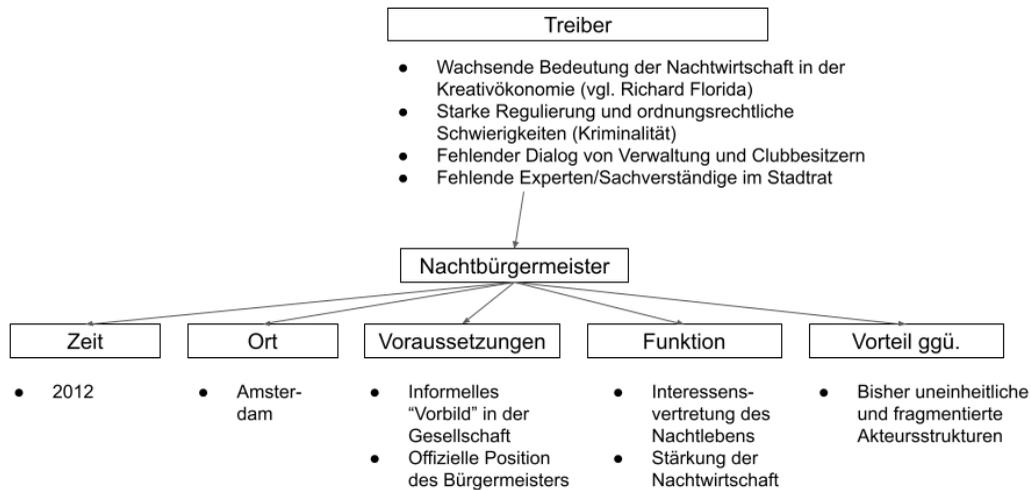


Abbildung 4.7: Funktionsbaum mit Beschreibung der UI 'Nachtbürgermeister'

Im Anhang (→ Anhang 4/Checklisten zu UI-Kriterien - Fallüberprüfung 2) findet sich ebenfalls tabellarisch die qualitative Überprüfung der Selektionskriterien. Damit können alle oben eingeführten Kriterien, Bedarfsdeckung, Neuerung, Diffusion und urbane Relevanz nachgewiesen werden. Mit der innerstädtischen Anwendung der Innovation 'Nachtbürgermeister', d.h. der professionellen Einsetzung einer kommunalen Interessensvertretung des Nachtlebens in der Stadt Amsterdam, kann von einer urbanen Innovation (UI) gesprochen werden.

4.1.5 Zusammenfassung - Schritt 0

In der bisherigen Methodenentwicklung wurde im Schritt 0 eine konzeptionelle Domänenstruktur für urbane Innovationssysteme, ein Klassifikationsschema zur Erfassung von Innovationen in urbanen Systemen, eine Beschreibung funktionaler Evolutionsprozesse über 13 definierte Subsysteme einer Stadt, eine Kriterienfestlegung auf Basis der Definition für 'urbane Innovationen' und eine fallstudienbasierte Kriterienüberprüfung durchgeführt.

Somit bestehen ein ausreichendes Aufgabenverständnis und die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Fortsetzung von Schritt 1 zur Datenbankkonzeption und Datenauswahl. Aufgrund der initialen Datenerfassung von möglichen urbanen Innovationen (nachfolgend in Kapitel 4.2.2 beschrieben) und der iterativen Anpassung der Selektionskriterien erfolgte hier eine 'Vermischung' von Schritt 0 und 1, wie es auch im CRISP-DM-Modell bei Bedarf vorgesehen ist [vgl. Schock, 2018].

4.2 Schritt 1: Konzeption Datenbanken und Datenauswahl

4.2.1 Datenverfügbarkeit und Quellenlage

Eine zentrale Herausforderung für den Aufbau einer empirischen Datenbank war die zusammenhängende Verfügbarkeit von Quellen zu Diffusionsprozessen urbaner Innovationen [Braun, 2021]. Es galt a priori zu klären, wo sich die Wissenschaft in der Vergangenheit bereits beispielsweise mit der räumlichen Verbreitung einer städtisch-technischen Lösung, zum Beispiel der Verkehrsampel, beschäftigt hatte. Andere Autoren hatten hier bei ähnlicher Herangehensweise dieselben Probleme [Ibert, 2015].

Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 4.8) illustriert hierzu das mehrstufige Vorgehen für die Strukturierung der heterogenen Quellenlage.

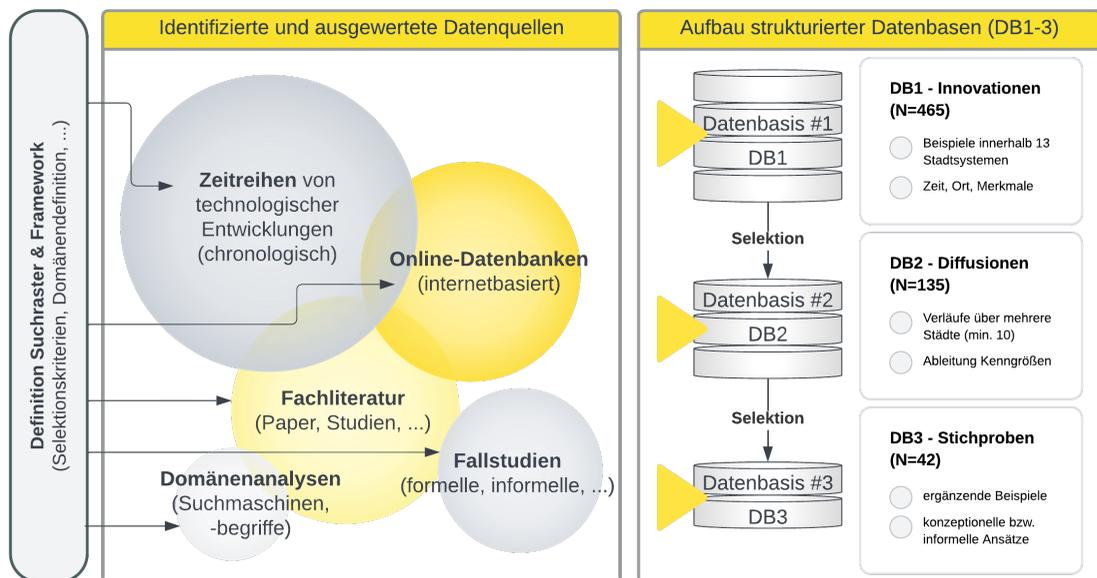


Abbildung 4.8: Vorgehensweise von heterogenen Datenquellen zu strukturierten Datenbanken DB₁₋₃

Eine Literaturrecherche im deutsch- und englischsprachigen Bereich zu empirischen Arbeiten zur Diffusion von urbanen Innovationen zeigte, dass nur wenige sektorübergreifende wissenschaftliche Beiträge zum Thema vorliegen [vgl. Braun, 2021]. Dennoch konnten beispielsweise die folgenden Analysen aus einzelnen Fachdisziplinen identifiziert und herangezogen werden, u.a.:

- Für das Themenfeld 'Verkehr' konnten im Werk von Grübler einige verkehrsrelevante Technikdiffusionspfade als Basis entnommen werden [Grübler, 1990].

- Für die Innovation 'Bike-Sharing' hat DeMaio 2009 eine Übersicht der zeitlichen Entwicklung und ursprüngliche Innovatoren und Technikategorien zusammengestellt [DeMaio, 2009].
- Für das Thema 'Lebensmittelproduktion' hat Cockrall-King eine Zusammenstellung über historische Entwicklungen in verschiedenen Städten erstellt [Cockrall-King, 2012].
- Ehrhardt und Kroll haben in ihrem Werk 'Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven' ebenfalls stadtrelevante Entwicklungen in diesem Sektor aufgelistet [Ehrhardt, 2012].

Zudem existieren auch mehr und mehr Internetplattformen, die eine systematische und vor allem nutzeroffene Aktualisierung inklusive Geodaten ermöglichen, die teilweise für den Aufbau der Datenbank herangezogen wurden, unter anderem:

- Die Plattform 'brtdata.org', die seit 2012 von Across Latitudes and Cultures – Bus Rapid Transit betrieben wird und mittlerweile Daten zu BRT-Systeme in 202 Städten weltweit umfasst [BRTDATA, 2016].
- Die Plattform 'metrobits.org', die seit 2004 privat von Mike Rohde betrieben wird und ebenfalls über 200 U-Bahn- und Metrosysteme weltweit charakterisiert [Rohde, 2017].
- Die Plattform 'Park(ing) Day', die seit 2012 vom Designstudio Rebar Group, Inc. betrieben wird und jährlich die gleichnamige Initiative global kartiert [Rebar, 2005].

Weiterhin konnten über Internetauftritte einzelner Stadtwerke, Verkehrsbetriebe oder Stadtverwaltungen entsprechende Daten erhoben werden. Nicht zuletzt ist zu erwähnen, dass in der Online-Enzyklopädie wikipedia relativ umfangreiche Zeitquellen vorliegen, deren Echtheit größtenteils (bei Nennung von unabhängigen Primärquellen) nachgeprüft werden konnte.

Über den Vergleich voneinander unabhängiger Einträge (z.B. verschiedene Sprachen) konnten meist verwertbare Daten validiert werden, wie z.B.:

- *'Von größerer Dauerhaftigkeit war die ebenfalls zunächst als Pferdebahn betriebene zweite Straßenbahn ... , das erste Pariser Straßenbahnnetz, 1855–1938.'* (deutsche Quelle)
- *'...it was in Paris that Loubat built the first line of this type, for horse trams, which was inaugurated on 21 November 1853 in connection with the 1855 World Fair...'* (englische Quelle)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei kritischer Überprüfung der Anforderungen an eine empirische Analyse sicher keine vollständig befriedigende Situation vorliegt [vgl. Braun, 2021]. Allein der Mangel an umfassenden Quellen, das Zusammenführen verschiedener Kategorien (Technik & Soziales) und der lange zeitliche Betrachtungsraum führen zu einer gewissen Unschärfe, die nicht unterschlagen werden

sollte. Es zeigt auch, dass ohne die Möglichkeiten standardisierbarer Suchanfragen im Internet (mit teilweise automatischer Übersetzung) heutzutage der Aufbau einer solchen Datenbank mit weitaus höherem Aufwand verbunden gewesen wäre. Dennoch lässt sich durch das explorative und iterative Vorgehen, die Festlegung auf einige wenige Kennzahlen und die Triangulation von Quellen ein relativ durchgängiges Bild über die Diffusionszyklen urbaner Innovationen vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis heute erreichen [ebd.].

4.2.2 Entwicklung 1. Datenbank (DB1-Innovation), N = 469

Aufbauend auf einer initialen Identifikation und Zuordnung von 469 Innovationen wurden über einen Zeitraum von gesamt 385 Jahren (1637 - 2022) stadtsystemrelevante Innovationen in den zuvor definierten 13 Subsystemen (vgl. Kapitel 4.1) charakterisiert (Gesamtübersicht → Anhang 1/DB1). Der wissenschaftliche Fokus lag dabei weniger auf der adäquaten Beschreibung der jeweiligen Situation, sondern primär auf der chronologischen Abfolge sowie Evolution von Innovationen und damit einhergehenden Veränderungen des zugehörigen Stadtsystems (= Dynamiken).

Je mehr Innovationen pro Subsystem (= Sektor) identifiziert werden konnten, desto eher kann von einer hohen Innovationsdynamik über den Zeitraum ausgegangen werden. Beispielsweise kann die Evolution des Mobilitätssystems mit über 60 Datenpunkten im betrachteten Zeitintervall als eher dynamische mit mehr, die des Entsorgungssystems mit 20 Datenpunkten als eher träge Evolution mit weniger 'Triggern' charakterisiert werden.

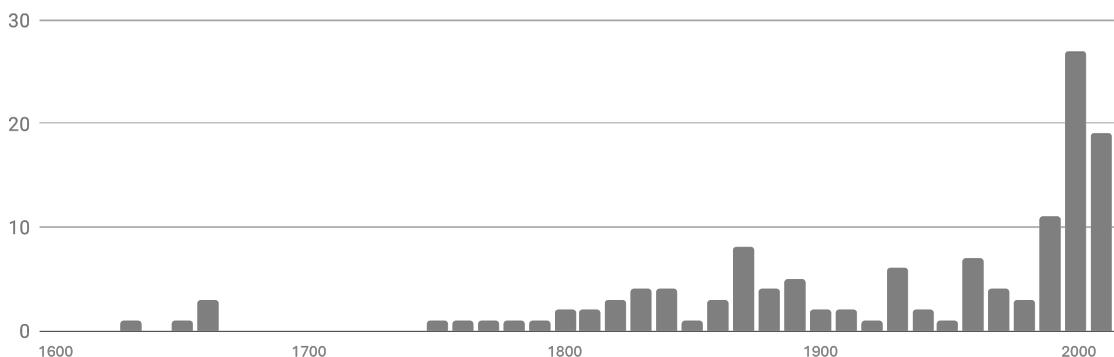


Abbildung 4.9: Histogramm zur zeitlichen Häufung identifizierter Innovationen, N = 469

Variable 1: Zeitpunkt - Im dargestellten Histogramm (siehe Abbildung 4.9) zeigt sich die Verteilung der Datenpunkte über die Zeit, beispielsweise mit einer signifikanten Häufung um 1870 bis 1900. Zudem ist anzunehmen, dass durch das Aufkommen des Internets seit den 1990ern eine stark gestiegene Datenverfügbarkeit vorliegt, die den starken Anstieg seit dem Jahr 1990 erklären könnten.

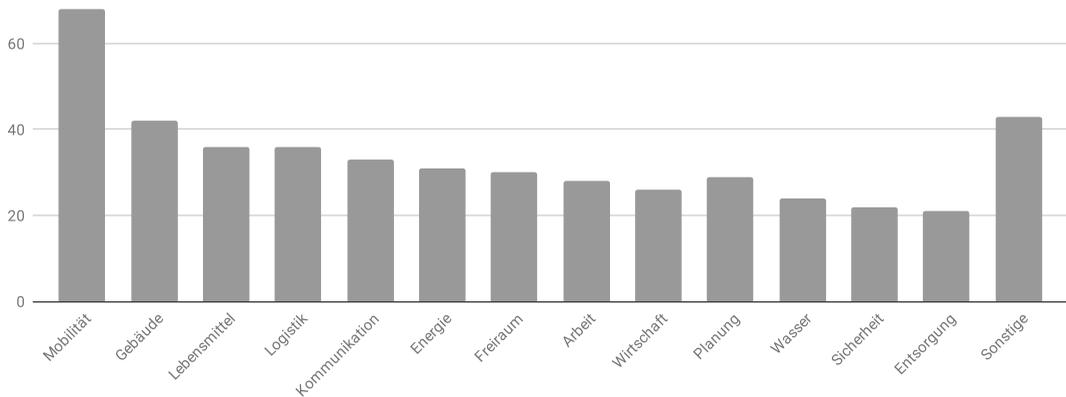


Abbildung 4.10: Zuordnung der Innovationen zu einzelnen Stadtssystemen, N = 469

Variable 2: Kategorisierung - Wie bereits erwähnt, wurde für die Datenerhebung von geeigneten urbanen Innovationen eine Untergrenze von 20 Innovationen pro Sektor bzw. urbanen Subsystem festgelegt. Hieraus lassen sich aus der Datenbank grob drei Gruppen mit unterschiedlicher Datendichte (und damit vermutlicher Innovationsdynamik) ableiten: Mobilität und Gebäude mit >40 Datenpunkten, Lebensmittel bis Freiraum mit >30 Datenpunkten und die übrigen mit >20 Datenpunkten (siehe Abbildung 4.10).

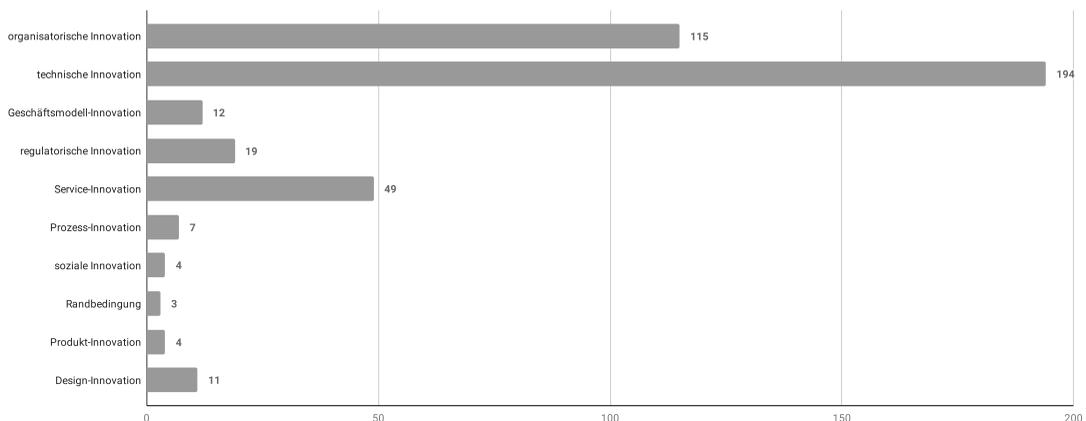


Abbildung 4.11: indikative Zuordnung nach Innovationstypen

Variable 3: Innovationstyp - Neben der rein zeitlichen Verteilung der Innovationen kann auch ihre Einordnung nach Innovationstyp erfolgen. Das obige Diagramm (siehe Abbildung 4.11) zeigt hierzu die vorläufige Verteilung in technische Innovationen, Service-Innovation, organisatorische Innovation etc. Die Einordnung erfolgte dabei rein indikativ, um eine erste Abschätzung resultierender Schwerpunkte oder möglicher 'white-spots' zu erhalten. Erwartungsgemäß liegen in der bisherigen Stadtentwicklung technische Innovationen mit Abstand vorn.Á

4 Methodenentwicklung und -anwendung

Á

Variable 4: Ortsbezug - Ein Großteil der identifizierten Innovationen kann geografisch einer bestimmten Stadt zugeordnet werden, in der die zugrundeliegende Erfindung oder erste Pilotierung als Ursprung erfolgte. In dieser Nachverfolgung des Ortsbezugs (siehe Abbildung 4.12) zeigt sich bereits eine gewisse Häufung mancher Städte von insgesamt 149 erfassten unterschiedlichen Städten, wie die Weltkarte darstellt. Auffällig oft hierbei sind manche Städte wie New York City (31), London (27) oder Berlin (19) zu finden.Á

Die vollständige Datenbankübersicht DB1 befindet sich im Anhang (→ Anhang/Tabelle 1.1 (A) bis 1.13 (M)).Á

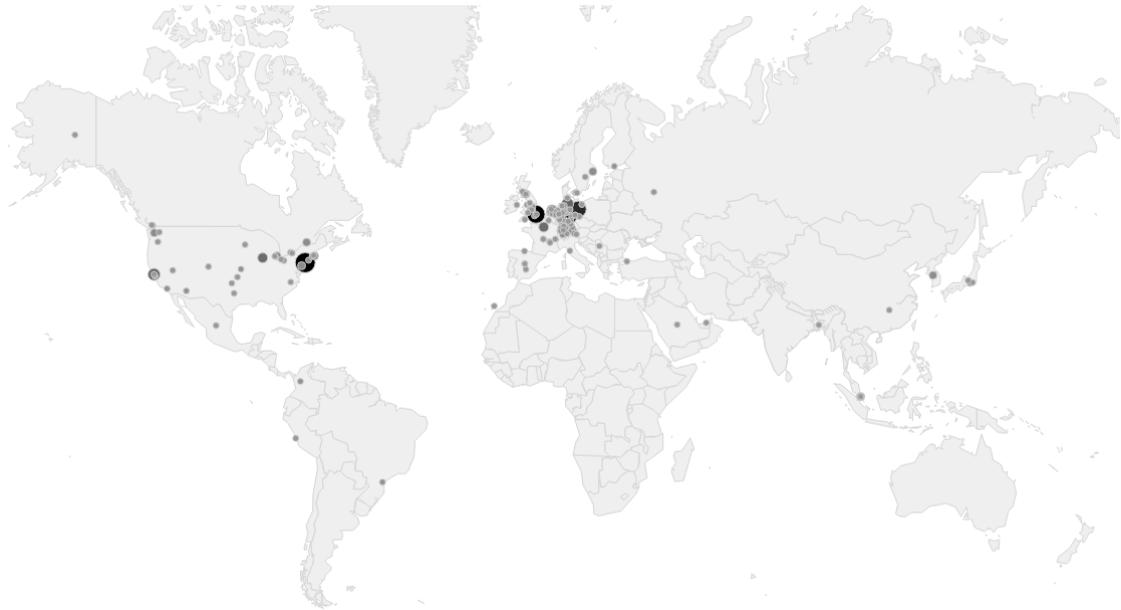


Abbildung 4.12: Weltweite räumliche Verteilung erfasster Innovationen, N = 469

Transformation DB1 → DB2 anhand Prüfkriterien

Mit den definierten notwendigen (Liegt eine urbane Innovation gemäß Definition vor?) und hinreichenden Kriterien (Hat sie relevanten Einfluss im Stadtsystem?) sowie den erfolgten Fallüberprüfungen anhand mehrerer Beispiele urbaner Innovation wird eine qualitative Reduktion der Datenbank DB1 vorgenommen (vgl. Kapitel 4.1.3 - Selektionskriterien für urbane Innovationen). Neben den eingeführten Variablen spielt dabei die Frage der praktischen Datenverfügbarkeit (Lassen sich hinreichend große Diffusionsreihen aus Literatur und Internetrecherchen feststellen?) eine essentielle Rolle.Á

Da wie bereits festgestellt keine zusammenhängenden Datenbanken für die Diffusion urbaner Innovationen existieren, ist die Praktikabilität der Datensätze entscheidend.Á

Hierzu erfolgte das methodische Vorgehen anhand der genannten Schritte im Ausschlussverfahren (siehe Abbildung 4.13):

- Ausgangsbasis (N=469)
- Kriterium 1: Ist die notwendige Definition einer Innovation anwendbar? = Reduktion auf 449 Datensätze (-20)
- Kriterium 2: Ist mindestens eine der hinreichenden Kriterien (D.1-4) für urbane Innovation erfüllt? = Reduktion auf 255 Datensätze (-194)
- Kriterium 3: Ist eine ausreichende Datenverfügbarkeit in der Literatur auffindbar? = Reduktion auf 135 Datensätze (-120)

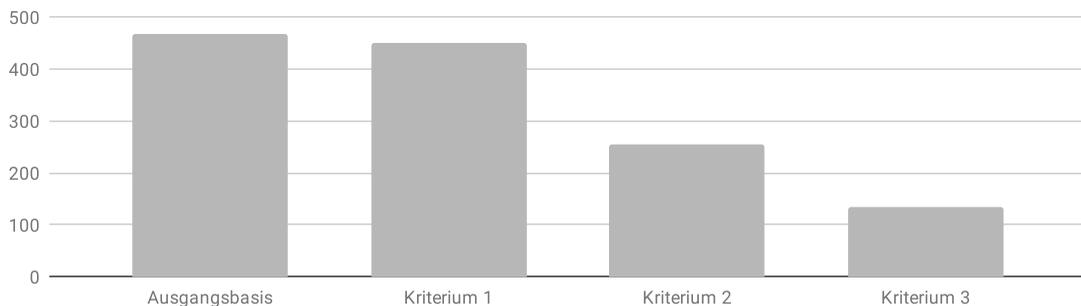


Abbildung 4.13: Reduktion der Datenbank DB₁ nach iterativer Anwendung der Prüfkriterien auf 135 urbane Innovationen (Basis für DB₂)

Damit verbleiben nach Durchführung der Routine final 135 Datensätze, die im nächsten Schritt als Grundlage zur räumlich-zeitlichen Diffusionsanalyse (DB₂) herangezogen wird. Hierzu wird in manuellen und iterativen Vorgehen eine globale Matrix aufgebaut, die für jede urbane Innovation (N = 135) im Zeitintervall mindestens zehn Datenpunkte umfassen soll. Somit wurden wo möglich neben der Ersteinführung (z.B. erste U-Bahn in London 1863) für jede Innovationsdiffusion mindestens neun weitere Eintrittspunkte und -städte erfasst.

Am Ende dieser Erhebung lag eine Datenbank (DB₂) über insgesamt 118 Städte und 1.683 Datenpunkte vor, deren Charakteristik im folgenden Teilkapitel beschrieben wird.

4.2.3 Entwicklung 2. Datenbank (DB₂-Diffusion), N = 135

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Primärdaten für die statistische Diffusionsanalyse stammen aus einer umfassenden Literatur- und Domänenanalyse zu urbanen Innovationen gemäß der zuvor eingeführten Definition, zeitlich größtenteils historisch aus dem 18., 19. und 20. Jahrhundert bis hin zu aktuell ablaufenden Diffusionsprozessen

heute [vgl. Braun, 2021]. Methodisch wurde ausgehend von der allerersten Pilotierung oder Umsetzung einer Innovation in einer Stadt angestrebt, möglichst den räumlich-zeitlichen Verlauf der Frühphase beispielhaft nachzuvollziehen und damit sowohl eine räumliche als auch eine zeitliche Entwicklung bzw. Diffusion empirisch zu belegen [ebd.].

Insgesamt wurde damit folgendes quantitatives Datenset erhoben:

- 1.683 Datenpunkte
- 135 urbane Innovationen (durchschnittlich 12,5 Datenpunkte/Innovation)
- 118 charakterisierte Städte (durchschnittlich 14,3 Datenpunkte/Stadt)

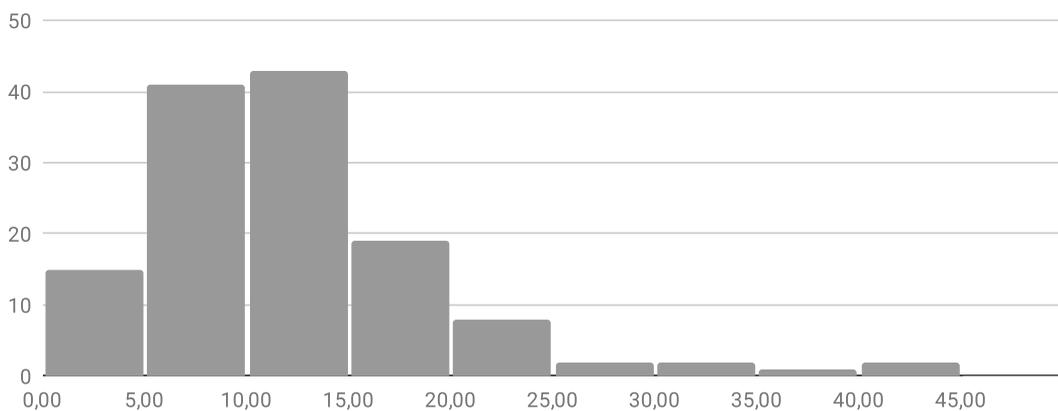


Abbildung 4.14: Häufigkeit der Datenpunkte je UI (N=135)

Es zeigt sich, dass die meisten Diffusionsverläufe urbaner Innovationen durch zehn bis fünfzehn Datenpunkten beschrieben werden können (siehe Abbildung 4.14), in dessen Intervall auch der arithmetische Durchschnitt liegt. Bei etwa 10,4 Prozent aller UI konnten trotz umfassender Recherche nur weniger als fünf Datenpunkte erfasst werden - die Untergrenze von 5 wird im weiteren Verlauf als notwendiger Referenzwert festgelegt (siehe Datenauswahl). Diffusionsverläufe mit weniger als fünf Datenpunkten können dabei oft drei unterschiedliche Interpretationen zulassen:

- Entweder sind die Innovationen noch sehr neu, d.h. noch nicht weiter als in eine erste oder zweite Stadt diffundiert (Bsp. das On-Demand Mobilitätssystem Kutsuplus in Helsinki, welches 2013 pilotiert wurde und lange Zeit einzigartig war)
- Es fehlen entsprechende Dokumentationen und Daten bei historischen Diffusionsverläufen, dies ist besonders bei sozialen bzw. organisatorischen Innovationen festzuhalten (z.B. Konsumgenossenschaften in Manchester seit 1844 als 'weiche' Innovation)

- Die Innovation selbst hat sich als unpraktikabel erwiesen oder es fehlten bestimmte Rahmenbedingungen für den Erfolg (z.B. Natron-Lokomotive in Aachen ab 1884, hier technische Machbarkeit aber fehlende Infrastruktur)

Im Durchschnitt lassen sich die meisten Datenpunkte über die zeitliche Betrachtung je Innovation ($\bar{\varnothing}16,0$) im 19. Jahrhundert feststellen, ähnlich hoch ist auch die Datenverfügbarkeit im 18. Jahrhundert und davor. Im 20. Jahrhundert nimmt dies bereits ab ($\bar{\varnothing}10,8$), und noch etwas mehr seit dem Jahr 2000 bis heute ($\bar{\varnothing}10,4$). Hier ist allerdings davon auszugehen, dass viele Diffusionsprozesse zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch andauern und sich damit die Datenlage über Zeit verbessern wird. Das Schaubild (siehe Abbildung 4.15) visualisiert die durchschnittliche Datenverfügbarkeit je Zeitintervall.

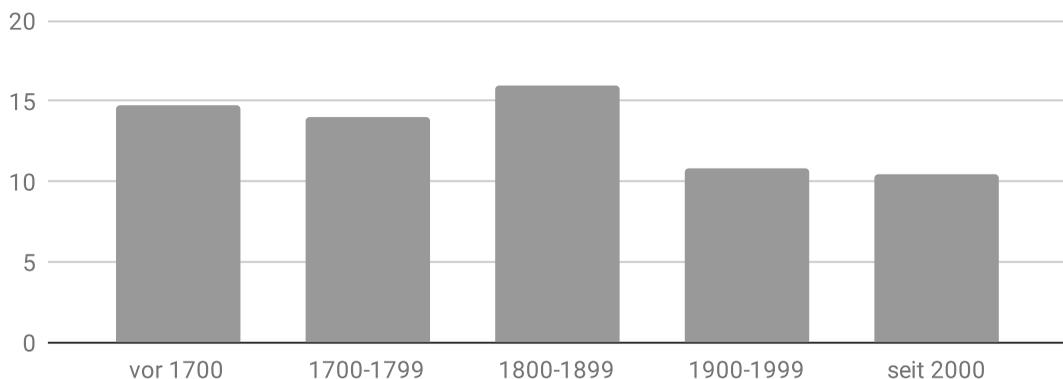


Abbildung 4.15: $\bar{\varnothing}$ -Datenverfügbarkeit je Innovation und Zeitintervall

Die oben benannten Datenpunkte sind deskriptive Merkmale von 135 urbanen Innovationen. Erwähnenswert ist hierbei, dass eine qualitative Eingrenzung (gemäß der vorliegenden Definition) auf Basis der in DB1 identifizierten Gesamtheit sozialer und technischer Veränderungen in urbanen Systemen vorgenommen wurde. Jede UI in der Datenbank lässt sich damit auf drei Ebenen charakterisieren:

- Ebene 1 - zeitliche Einordnung: In welchem Jahrhundert (= Zeitintervall) sind sie erstmalig aufgetreten?
- Ebene 2 - funktionale Einordnung: Welchem Stadtsystem sind sie primär zuzuordnen?
- Ebene 3 - räumliche Einordnung: In welchen Städten sind sie nacheinander aufgetreten (= Diffusion)?

Für die Datenerhebung wurde methodisch in mehreren iterativen Durchläufen sowohl 'Top-Down' (Innovation als Suchraaster über mehrere Städte) als auch 'Bottom-up'

4 Methodenentwicklung und -anwendung

(Stadt als Suchraster für mehrere UI) vorgegangen. Zum Teil zeigte sich bei der explorativen Überprüfung möglicher Datenquellen, dass immer wieder vereinzelt 'Hidden Champions' auftraten, d.h. Kleinstädte, die sich in einem Diffusionsprozess als Innovator hervortaten, wie z.B.

- die 20.000 EW-Stadt Godalming in England bei der UI 'Elektrizitätswerk'
- die 24.000 EW-Stadt Lockport in den USA bei der UI 'Fernwärme'
- die 29.000 EW-Stadt Sion in der Schweiz bei der UI 'Autonome Mobilität'

Es ist hervorzuheben, dass trotz einer möglichst umfassenden Recherche der 135 ausgewählten Innovationen über die 118 Städte nur eine knapp zehnpromtente Abdeckung aller möglichen Datenpunkte vorliegt. Das bedeutet in der Verteilung der Datenpunkte, dass für die TOP10-Städte eine etwa mindestens fünfzigprozentige Abdeckung vorliegt (sogar 65 Prozent für die TOP5-Städte), die relativ schnell abnimmt. Insgesamt besteht in den Datenquellen eine relativ große Informationsspreizung zwischen gut und weniger gut dokumentierten Innovationsprozessen, was trotz englischer und deutscher Domänenanalysen dennoch sprachliche Hintergründe haben könnte, die zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden können.

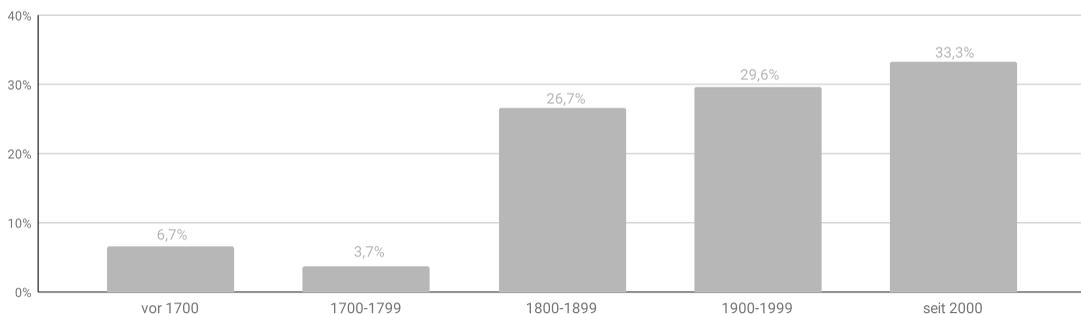


Abbildung 4.16: zeitliche Verteilung der UI nach Zeitintervallen (N = 135)

Das Schaubild (siehe Abbildung 4.16) zeigt die absolute Verteilung von urbanen Innovationen (UI) je Zeitintervall. Aufgrund der explorativen Vorgehensweise und dem Ziel je Innovation mindestens zehn Datenpunkte zu erhalten, kann die Datenbasis dennoch als hinreichend betrachtet werden. Deshalb wurde darauf verzichtet, eine Eingrenzung bei der Anzahl der Städte vorzunehmen (auch wenn die Aussagekraft für die weniger gut erfassten Städte nachlässt).

Dabei lassen sich die erfassten Städte sowohl nach ihrer räumlichen Verteilung als auch ihrer Datenquantität klassifizieren:

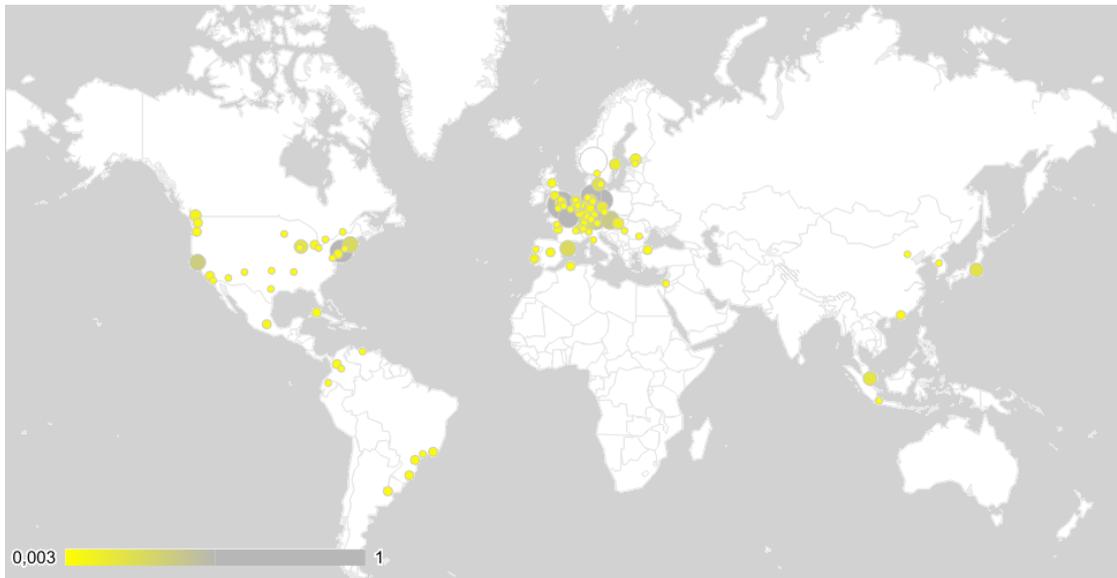


Abbildung 4.17: Räumliche Verteilung und Anzahl Datenpunkte je Stadt

a.) Räumliche Einordnung - Das Diagramm (siehe Abbildung 4.17) zeigt die räumliche Verteilung aller Städte und der erfassten Datenpunkte (von 1 bis 118).

b.) quantitative Einordnung - Das Diagramm (siehe Abbildung 4.18) zeigt die absolute Verteilung der Datenpunkte über alle Städte (von 1 bis 118). Die gesamte Auflistung findet sich in → Anhang 5/Tabelle N.

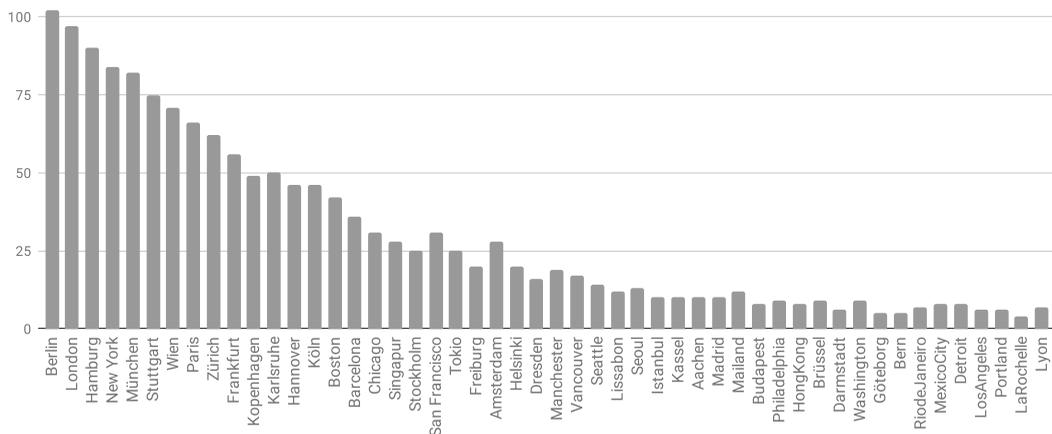


Abbildung 4.18: Datenverfügbarkeit für die ersten fünfzig Städte als 'Long-Tail'

In beiden Fällen ist eine gewisse Clusterung der Rohdaten festzustellen: zum einen in der Abdeckung von Daten bei knapp einem Fünftel der Städte (mit >25 Datenpunkten), zum anderen in der geografischen Verdichtung in Europa und Nordamerika (>80%). Die vollständige Datenbankübersicht DB2 inklusive UI-Definition befindet sich im Anhang (→ Anhang 2/DB2).

Datenbankstruktur (DB2-Diffusion)

Die Datenbank zur Diffusion urbaner Innovationen zwischen Städten ist als zusammenhängende Excel-Tabelle strukturiert, in der sich auf der horizontalen Achse die einzelnen Innovationen abtragen und auf der vertikalen Achse die unterschiedlichen Städte mit Nennung von Land und Kontinent bzw. Region.

Die einzelnen Innovationen sind zusätzlich den übergeordneten Stadtsystemen zugeordnet (z.B. Sicherheit, Verkehr, Freiraum). Die einzelnen Tabellenwerte stellen jeweils (wo vorhanden) die Zeitpunkte dar, in denen eine Innovation weltweit erstmalig in einer Stadt pilotiert bzw. in Betrieb genommen wurde. Die jeweilige Quelle der Datenpunkte sind als Textnotizen und Metadaten je Datum hinterlegt.

Kontinent	Land	Stadt	Datenpunkte	UI-1	UI-2	UI-3	UI-4
Europa	Deutschland	Berlin	101	1737	1742	1825	...
Europa	UK	London	88	1642	1637	1829	...
Europa	Deutschland	Hamburg	82	1624	1785	1839	...
Nordamerika	USA	New York	74	-	1859	1830	...
Europa	Deutschland	München	73	1640	1789	1869	...

Tabelle 4.2: Ausschnitt Datenbank (5 Städte und 3 UI) mit Zeitstempeln als Rohdaten

Die zuvor eingeführte Struktur der Datenbank ermöglicht zur Qualifizierung der urbanen Innovationen eine Auswertung bzw. Beschreibung anhand verschiedener Kriterien. Dabei werden die folgenden Kennwerte bzw. Diffusionsmetriken verwendet [vgl. Braun, 2021], die sich für die späteren 135 UI in Auszügen auch im Anhang (→ Anhang 6/Tabelle Q) finden:

- UI_x = urbane Innovationen gemäß Definition
- Nr. = durchlaufende Nummer für jede UI_x entlang ihrer zeitlichen Einführung
- MIN = jeweils frühester Zeitpunkt ('Zeitpunkt der ersten Pilotierung')
- MAX = spätestester erfasster Zeitpunkt (nicht relevant, da unvollständig)
- Differenz = Wiedergabe des zeitlich erfassten Intervalls (MAX - MIN)

- Count = Anzahl der erfassten Datenpunkte je UI
- Quotient gesamt = Verhältnis von Differenz : Count (= 'Steigung')
- Differenz A = Dauer von ersten Pilotierung (Stadt 1) bis zur nächsten (Stadt 2)
- Differenz B = Dauer von ersten Pilotierung (Stadt 1) bis zur fünften (Stadt 5)
- Quotient A/B = Verhältnis von Differenz A : Differenz B (= 'Dynamik')
- Bestimmtheitsmaß = erklärter Anteil der Variabilität (Varianz) einer Variable

Nachfolgend sind diese gewählten Metriken als Ausschnitt beispielhaft für fünf UI aus der Gesamtdatenbank dargestellt:

Metriken	UI-1	UI-2	UI-3	UI-4	UI-5	UI-6
Nr.	3	4	5	6	7	...
MIN	1637	1662	1662	1667	1757	...
MAX	1873	1891	1778	1874	1895	...
Differenz	236	229	116	207	138	...
COUNT	15	19	12	17	11	...
Quotient	15,73	12,05	9,67	12,18	12,55	...
$DIFF_A(1 - 2)$	13	153	3	84	82	...
$DIFF_B(1 - 5)$	126	164	17	152	110	...
Quotient A-B	9,69	1,07	5,67	1,81	1,34	...
R ² -Maß	0,95	0,78	0,89	0,80	0,84	...

Tabelle 4.3: Ausschnitt Datenbank mit Sekundärdaten von fünf UI (Auswertung)

Durch diese einfache Strukturierung lassen sich dieselben Diffusionsprozesse bzw. Verlaufskurven erzeugen wie in ähnlichen Arbeiten zur Diffusionsgeografie von Innovationen. Über die Kombination der verschiedenen 'Eintrittszeitpunkte' einer Innovation in unterschiedlichen Städten zeigt sich in der grafischen Auswertung, wie schnell oder wie langsam eine Innovation sich in einer Anfangs- oder Spätphase ihrer Verbreitung entwickelt bzw. diffundiert. Damit lassen sich in erster Linie Innovationen hinsichtlich ihres Diffusionsquotienten (im vordefinierten Spektrum der 118 Städte) evaluieren.

Es ist abschließend zu DB2 zu erwähnen, dass mit dem gewählten Vorgehen keine vollständige 'Marktbetrachtung' (volle Sättigung) möglich ist, wie sie bei Rogers und weiteren Innovationsforschern angenommen wird [vgl. Braun, 2021]. Dies stellt für das Forschungsdesign allerdings kein Problem dar, da es weniger um die vollständige Erfassung globaler Diffusionsprozesse geht, sondern prioritär um die Metriken in Frühphasen bei der Entstehung und Verbreitung von urbanen Innovationen [ebd.].

4.2.4 Entwicklung 3. Datenbank (DB3-Fallstudien), N = 44

Neben der quantitativen Erfassung von Pilotierungszeitpunkten und -orten entlang der funktionalen Stadtsysteme (vgl. Kapitel 4.1) wurden im Rahmen der explorativen Literatur- und Domänenanalyse weitere Beispiele identifiziert und in einer einfachen Tabellen-Matrix strukturiert. Zusätzlich zu DB2 wurden so weitere urbane Innovationen mittels Fallstudienanalyse erfasst, die keinen nachvollziehbaren oder belegbaren Diffusionsprozessen folgen und besondere 'Einzelfälle' zur näheren Untersuchung darstellen können. Beispielsweise sind dabei temporäre, experimentelle, noch in Planung befindliche oder unregulierte Fallstudien wie Black Rock City (USA), de Hogeweyk (Niederlande) oder Kowloon Walled City (Hong Kong) entlang der definierten Kategorien erfasst. Ebenso sind regulative Ansätze für urbane Innovationen wie beispielsweise 'Green Amendment Plan' (NYC, 2012) oder informelle Experimente wie das 'Ecomobility Festival' (Suwon, 2013) gelistet.

Im Rahmen des iterativen Forschungsprozess stellen diese eine methodische Flankierung für die datengestützte Analyse und Mustergenerierung dar, wie das Schaubild (siehe Abbildung 4.19) skizziert. Die zugrundeliegende Methodik ordnet das Vorgehen zur Theoriebildung ein.

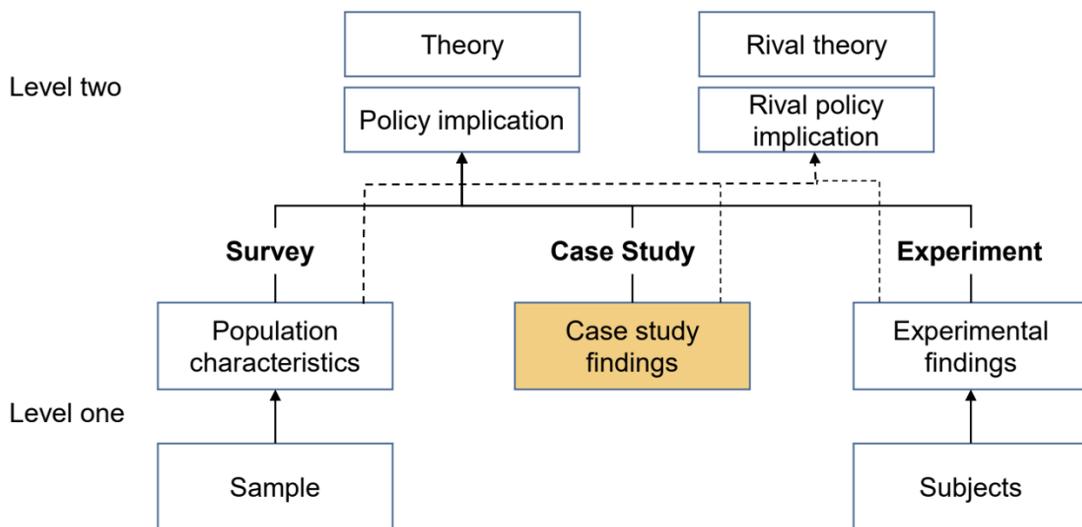


Abbildung 4.19: Einordnung Fallstudie als Forschungsmethode [Siedentop, 2018]

Der Datensatz umfasst hierzu 44 Einträge als stichprobenartige Fallstudien im Zeitraum von 1928 bis ins Jahr 2021. Die Auswahl erfolgte primär über explorative und iterative Suchroutinen entlang der definierten Domänen im Stadtsystem. Hierbei wurden zum Teil auch diejenigen Fallbeispiele explorativ (*Was?*) und deskriptiv (*Wie?*) verwertet, die zwar in der Erstellung von DB1 identifiziert wurden, aber nicht den Prüfkriterien von DB2 entsprachen [Göthlich, 2003]. Für eine möglichst hohe Datenreliabilität

wurde auf eine durchgängige Triangulation von Informationen über je mindestens drei unabhängige Datenquellen geachtet [Siedentop, 2018].

In Ergänzung zur initialen Literaturanalyse stellen die Datensätze eine zusätzliche Informationsquelle für Innovationsmuster (endogen) oder besondere Rahmenbedingungen (exogen) bei Erfolg oder Scheitern dar. Die einzelnen Fallstudien wurden in kompakten Steckbriefprofilen ausgearbeitet und ausgewertet (siehe Abbildung 4.20). Die vollständige Datenbankübersicht DB₃ befindet sich im Anhang (→ Anhang 3/DB₃).

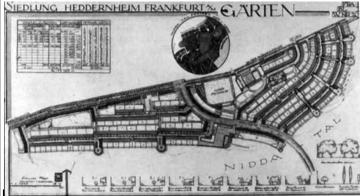
																																								
<table border="1"> <tr><td>Stadt</td><td>Amsterdam</td></tr> <tr><td>Jahr</td><td>1947</td></tr> <tr><td>Link</td><td>http://metropolisemagazine.org/2013/03/27/aldo-van-eyck-and-the-city-as-playground/</td></tr> <tr><td>Kontakt</td><td>Aldo van Eyck</td></tr> <tr><td>Zitat</td><td>...</td></tr> <tr><td>Kurztex[...]</td><td>In 1947, the architect Aldo van Eyck built his first playground in Amsterdam, on the Berthelemplein. Many hundreds more followed, in a spatial experiment that has (positively) marked the childhood of an entire generation. Though largely disappeared, defunct and forgotten today, these playgrounds represent one of the most emblematic of architectural interventions in a pivotal time: the shift from the top down organization of space by modernist functionalist architects, towards a bottom up architecture that literally aimed to give space to the imagination.</td></tr> <tr><td>Erfolgsfaktoren/ Eigenschaften</td><td> <ul style="list-style-type: none"> ❑ Nachkriegszeit als Krise ❑ Fehlende Identität und "Entwädung" des Stadtraums ❑ Intuitiver Ansatz für Bürgerschaft (spricht direkt an) ❑ Aufwertung/Aktivierung von Stadtraum ❑ ... </td></tr> </table>	Stadt	Amsterdam	Jahr	1947	Link	http://metropolisemagazine.org/2013/03/27/aldo-van-eyck-and-the-city-as-playground/	Kontakt	Aldo van Eyck	Zitat	...	Kurztex[...]	In 1947, the architect Aldo van Eyck built his first playground in Amsterdam, on the Berthelemplein. Many hundreds more followed, in a spatial experiment that has (positively) marked the childhood of an entire generation. Though largely disappeared, defunct and forgotten today, these playgrounds represent one of the most emblematic of architectural interventions in a pivotal time: the shift from the top down organization of space by modernist functionalist architects, towards a bottom up architecture that literally aimed to give space to the imagination.	Erfolgsfaktoren/ Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Nachkriegszeit als Krise ❑ Fehlende Identität und "Entwädung" des Stadtraums ❑ Intuitiver Ansatz für Bürgerschaft (spricht direkt an) ❑ Aufwertung/Aktivierung von Stadtraum ❑ ... 	<table border="1"> <tr><td>Stadt</td><td>Frankfurt, D</td></tr> <tr><td>Jahr</td><td>1926</td></tr> <tr><td>Link</td><td> http://smat-may-gesellschaft.de/einzelnachricht-home/exponat-des-monats-30aug2014.html http://www.historisches-ghl.de.org/dopage.cfm?dopage_id=4776&language=german http://www.amazon.de/Elektrifizierung-als-Urbanisierungsprozess-Frankfurt-1896-1933/dp/3981608917 </td></tr> <tr><td>Kontakt</td><td>-</td></tr> <tr><td>Zitat</td><td>... sich such 1930 sehr zufrieden mit der <u>Elektrifizierung der Römerstadt</u>: „Das sehr heute schon fest, daß sich die elektrische Kochen bei den Stadlern großer Beliebtheit erfreut und daß der unbillige Widerstand gegen die Technik der elektrischen Kochens weggelassen ist, benimmt wird nur noch der höhere Kostenaufwand, der allerdings gering ist.“ *Wohnen in der Grossstadt, 1900-1939: Wohnsituation und Modernisierung im ...: S. 308</td></tr> <tr><td>Kurztex</td><td>Die Siedlung Römerstadt war die erste voll elektrifizierte Siedlung Deutschlands. Jedes Zimmer war mit elektrischer Beleuchtung und mehreren Steckdosen ausgestattet – die Technikbegeisterung der 1920er Jahre ließ erwarten, dass das Großstadtleben bald auch im Privaten nicht mehr ohne elektrische Unterstützung auskommen würde. Dies galt in besonderem Maße für den Haushalt, den die</td></tr> </table>	Stadt	Frankfurt, D	Jahr	1926	Link	http://smat-may-gesellschaft.de/einzelnachricht-home/exponat-des-monats-30aug2014.html http://www.historisches-ghl.de.org/dopage.cfm?dopage_id=4776&language=german http://www.amazon.de/Elektrifizierung-als-Urbanisierungsprozess-Frankfurt-1896-1933/dp/3981608917	Kontakt	-	Zitat	... sich such 1930 sehr zufrieden mit der <u>Elektrifizierung der Römerstadt</u> : „Das sehr heute schon fest, daß sich die elektrische Kochen bei den Stadlern großer Beliebtheit erfreut und daß der unbillige Widerstand gegen die Technik der elektrischen Kochens weggelassen ist, benimmt wird nur noch der höhere Kostenaufwand, der allerdings gering ist.“ *Wohnen in der Grossstadt, 1900-1939: Wohnsituation und Modernisierung im ...: S. 308	Kurztex	Die Siedlung Römerstadt war die erste voll elektrifizierte Siedlung Deutschlands. Jedes Zimmer war mit elektrischer Beleuchtung und mehreren Steckdosen ausgestattet – die Technikbegeisterung der 1920er Jahre ließ erwarten, dass das Großstadtleben bald auch im Privaten nicht mehr ohne elektrische Unterstützung auskommen würde. Dies galt in besonderem Maße für den Haushalt, den die	<table border="1"> <tr><td>Stadt</td><td>San Francisco, USA</td></tr> <tr><td>Jahr</td><td>2013</td></tr> <tr><td>Link</td><td> http://www.archpaper.com/news/articles.asp?id=7200 http://www.fhp.org/fhp-blogs/living-innovation-zones-look-improve-public-space </td></tr> <tr><td>Kontakt</td><td>Steve Genrick</td></tr> <tr><td>Zitat</td><td>"San Francisco is the innovation capital of the world, [yet] walking down the street there are few monuments to that."</td></tr> <tr><td>Kurztex</td><td>A new experiment in placemaking is taking shape on San Francisco's sidewalks. Called the Living Innovation Zones (LIZ) Program, the project, a partnership between the SF Mayor's Office of Civic Innovation, SF Planning, and SF Department of Public Works, encourages the creation of temporary, flexible spaces for community interaction. ... The city hopes to open a total of ten innovation zones, but is not yet ready to share the remaining locations. As for how the LIZ Program compares to conventional city planning, said Genrick, "We're really asking people to push</td></tr> </table>	Stadt	San Francisco, USA	Jahr	2013	Link	http://www.archpaper.com/news/articles.asp?id=7200 http://www.fhp.org/fhp-blogs/living-innovation-zones-look-improve-public-space	Kontakt	Steve Genrick	Zitat	"San Francisco is the innovation capital of the world, [yet] walking down the street there are few monuments to that."	Kurztex	A new experiment in placemaking is taking shape on San Francisco's sidewalks. Called the Living Innovation Zones (LIZ) Program, the project, a partnership between the SF Mayor's Office of Civic Innovation, SF Planning, and SF Department of Public Works, encourages the creation of temporary, flexible spaces for community interaction. ... The city hopes to open a total of ten innovation zones, but is not yet ready to share the remaining locations. As for how the LIZ Program compares to conventional city planning, said Genrick, "We're really asking people to push
Stadt	Amsterdam																																							
Jahr	1947																																							
Link	http://metropolisemagazine.org/2013/03/27/aldo-van-eyck-and-the-city-as-playground/																																							
Kontakt	Aldo van Eyck																																							
Zitat	...																																							
Kurztex[...]	In 1947, the architect Aldo van Eyck built his first playground in Amsterdam, on the Berthelemplein. Many hundreds more followed, in a spatial experiment that has (positively) marked the childhood of an entire generation. Though largely disappeared, defunct and forgotten today, these playgrounds represent one of the most emblematic of architectural interventions in a pivotal time: the shift from the top down organization of space by modernist functionalist architects, towards a bottom up architecture that literally aimed to give space to the imagination.																																							
Erfolgsfaktoren/ Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Nachkriegszeit als Krise ❑ Fehlende Identität und "Entwädung" des Stadtraums ❑ Intuitiver Ansatz für Bürgerschaft (spricht direkt an) ❑ Aufwertung/Aktivierung von Stadtraum ❑ ... 																																							
Stadt	Frankfurt, D																																							
Jahr	1926																																							
Link	http://smat-may-gesellschaft.de/einzelnachricht-home/exponat-des-monats-30aug2014.html http://www.historisches-ghl.de.org/dopage.cfm?dopage_id=4776&language=german http://www.amazon.de/Elektrifizierung-als-Urbanisierungsprozess-Frankfurt-1896-1933/dp/3981608917																																							
Kontakt	-																																							
Zitat	... sich such 1930 sehr zufrieden mit der <u>Elektrifizierung der Römerstadt</u> : „Das sehr heute schon fest, daß sich die elektrische Kochen bei den Stadlern großer Beliebtheit erfreut und daß der unbillige Widerstand gegen die Technik der elektrischen Kochens weggelassen ist, benimmt wird nur noch der höhere Kostenaufwand, der allerdings gering ist.“ *Wohnen in der Grossstadt, 1900-1939: Wohnsituation und Modernisierung im ...: S. 308																																							
Kurztex	Die Siedlung Römerstadt war die erste voll elektrifizierte Siedlung Deutschlands. Jedes Zimmer war mit elektrischer Beleuchtung und mehreren Steckdosen ausgestattet – die Technikbegeisterung der 1920er Jahre ließ erwarten, dass das Großstadtleben bald auch im Privaten nicht mehr ohne elektrische Unterstützung auskommen würde. Dies galt in besonderem Maße für den Haushalt, den die																																							
Stadt	San Francisco, USA																																							
Jahr	2013																																							
Link	http://www.archpaper.com/news/articles.asp?id=7200 http://www.fhp.org/fhp-blogs/living-innovation-zones-look-improve-public-space																																							
Kontakt	Steve Genrick																																							
Zitat	"San Francisco is the innovation capital of the world, [yet] walking down the street there are few monuments to that."																																							
Kurztex	A new experiment in placemaking is taking shape on San Francisco's sidewalks. Called the Living Innovation Zones (LIZ) Program, the project, a partnership between the SF Mayor's Office of Civic Innovation, SF Planning, and SF Department of Public Works, encourages the creation of temporary, flexible spaces for community interaction. ... The city hopes to open a total of ten innovation zones, but is not yet ready to share the remaining locations. As for how the LIZ Program compares to conventional city planning, said Genrick, "We're really asking people to push																																							

Abbildung 4.20: Auszug DB₃ als Fallstudien (Steckbriefe) identifizierter Erfolgsfaktoren und Merkmale (Quelle: eigene)

4.2.5 Zusammenfassung - Schritt 1

In der bisherigen Methodenanwendung wurde im Schritt 1 die ausreichende Datenverfügbarkeit und Quellenlage für den Aufbau eines mehrstufigen Datenbankmodells geprüft sowie die Konzeption und Entwicklung von drei aufeinander aufbauenden Datenbanken (DB₁ - DB₃) durchgeführt. Mit diesem Rahmen kann eine umfangreiche Datenbeschaffung und -extraktion aus multiplen Quellen erfolgen, um auf eine hinreichend große Datenmenge (>100 urbane Innovationen) zurückgreifen zu können.

Final konnten 135 urbane Innovations- und Diffusionsprozesse mit Zuordnung über 118 Städte identifiziert und qualifiziert werden. Erste Indikationen für innovationsförderliche Rahmenbedingungen (vgl. spätere Muster-Prototypen) wurden in den Fallstudien explorativ erfasst. Somit besteht eine ausreichende Datenlage für die Durchführung von Schritt 2 zur Datenqualitätsprüfung, -bereinigung und -vorbereitung vor der explorativen Datenmodellierung.

4.3 Schritt 2: Datenqualitätsprüfung und -vorbereitung

Die Datenvorbereitung entlang des CRISP-DM Modells umfasst im Wesentlichen drei Teile: Auswahl und Zusammenführung der Daten (Kapitel 4.3.1), Datenbereinigung (Kapitel 4.3.2) und Feature Engineering (Kapitel 4.3.3). Alle drei Teile basieren auf den Erkenntnissen der beiden vorhergehenden Phasen und sind im Prinzip die technische Umsetzung der vorher festgelegten Theorie [vgl. Semmelmann, 2019]. Zusätzlich wird hier noch die Prüfung der Datenqualität als Sicherungsschritt vorangestellt. Wie bereits in Schritt 1 eingeführt, werden die drei aufeinander aufbauenden Datenbanken in der explorativen Analyse unterschiedlich verwendet...

- ...um eine grundlegende Systematik für Anwendungsfälle auf Ebene urbaner Innovations- und Diffusionsprozesse zu extrahieren;
- ...um inhärente Metriken und wiederkehrende Muster in den Datensätzen zu analysieren;
- ...um Performanz und Relevanz von Städten als 'Nodes' zwischen diesen Prozessen zu erfassen.

4.3.1 Vorarbeiten und Rahmenbedingungen

Ein wesentlicher Schritt im Vorfeld für die Datenvorbereitung ist bereits mit der Ableitung von DB2 aus DB1 erfolgt, in dem aus insgesamt 469 Innovationen diejenigen mit hoher Datenqualität und Bezug zu einem Stadtsystem ausgewählt wurden (siehe definierte Auswahlkriterien). Hierdurch wurde eine Teilmenge von 135 urbanen Innovationen ausgewählt. So konnte die anfangs geschätzte Recherchezeit von über 900 Zeitstunden bei DB1 für die Nachverfolgung der Diffusion in DB2 um über 70% reduziert werden, was ein wichtiger Schritt im bis dahin manuellen Erhebungsprozess darstellte.

Somit konnte eine relativ hohe Datenqualität erreicht werden, da jeder Datensatz auf Basis der iterativen Datenextraktion händisch aufgebaut wurde und mit identifizierten Quellen annotiert wurde. Zwar sind die Datensätze per Definition nicht vollständig und lückenhaft, da nicht für jede urbane Innovation in DB2 eine vollständige zeitliche Zuordnung aller 118 Städte vorliegt. Allerdings ist dies in der Praxis unlogisch oder unmöglich, weil beispielsweise manche Innovationen gar nicht in allen Städten aufgrund limitierender Kontextfaktoren vorkommen können (z.B. ein U-Bahnsystem ist erst ab einer gewissen Stadtgröße oder Einwohnerzahl sinnvoll).

Dennoch wurden zum größten Teil (97% aller Fälle) mindestens zwei Datenpunkte je UI erreicht und somit eine Diffusion per Definition nachgewiesen. Die wenigen Ausnahmen sind klar begründbar und werden im Zug der Datenbereinigung behandelt.

Gemäß den Dimensionen der Informations- und Datenqualität sind damit die folgenden sieben Kriterien erfüllt [Pipino, 2003]:

1. Vollständigkeit (Completeness) - alle notwendigen Informationen enthalten (UI, Zeitpunkt, Ort, Quelle)
2. Eindeutigkeit (Uniqueness) - eindeutige Unterscheidbarkeit jedes Diffusionsverlauf mit Zeitstempel (Ursprung)
3. Korrektheit (Correctness) - Daten anhand mehrerer unabhängiger Quellen geprüft und zusammengeführt
4. Aktualität (Timeliness) - als historische Daten zeitlich und räumlich unabhängig und nicht veränderbar
5. Genauigkeit (Accuracy) - bis auf Jahre genau, leichte Ungenauigkeiten bei längerfristigen Vorhaben (z.B. Zeitpunkt Beginn vs. Zeitpunkt Fertigstellung) möglich
6. Konsistenz (Consistency) - keine Widersprüche in den Datensätzen festgestellt
7. Einheitlichkeit (Uniformity) - einheitliche durchgängige Datenstruktur

4.3.2 Datenbereinigung und -überprüfung

Die Datenbereinigung hat das Ziel, die Daten von niedriger Datenqualität zu befreien. Vor allem Ausreisser, fehlende Daten und falsche Daten beeinflussen die Qualität der anschließenden Modellierung stark [Sammelmann, 2019]. Im Wesentlichen wurden hierzu die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

Schritt 1: Bereinigung von UI mit <5 Datenpunkten

Wie bereits dargelegt, konnten für mehr als 97% aller urbanen Innovationen eine Diffusion in mindestens eine weitere Stadt nachgewiesen werden. Eine genauere Diskussion hierzu findet sich im nachfolgenden Teilkapitel zur Ableitung geeigneter Inputvariablen (= Feature Engineering). Im Zuge der Datenbereinigung werden somit die Einzelfälle aussortiert, die keinen Diffusionsverlauf wiedergeben können und quasi als isolierte Experimente bezeichnet werden können.

Beispielhaft kann die Innovation 'Schwundgeld' (UI-58) genannt werden, die nur in der Stadt Wörgl auftrat und nach der erstmaligen Pilotierung rechtlich unterbunden wurde (durch die Österreichische Notenbank).

Das folgende Diagramm (siehe Abbildung 4.21) zeigt grafisch die wenigen Fälle von UI mit <5 Datenpunkten auf:

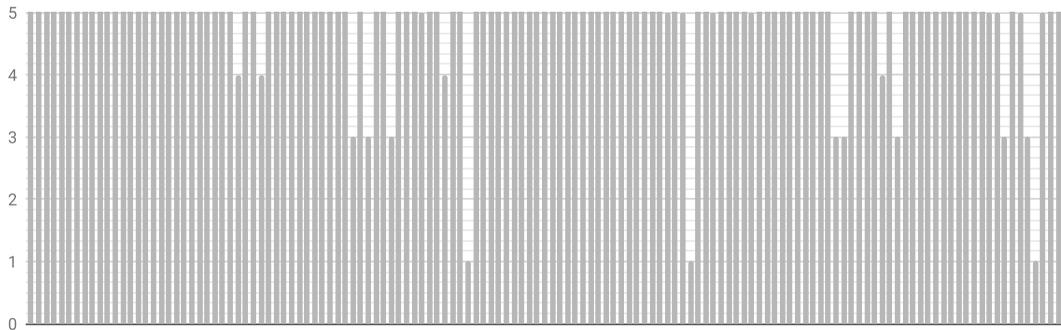


Abbildung 4.21: Fallüberprüfung von UI₁₋₁₃₅ (x-Achse) mit <5 Datenpunkten (y-Achse)

Schritt 2: Bereinigung von Städten mit <3% Datenverfügbarkeit

Durch die Fokussierung auf die Mindestanzahl an Datenpunkten je UI ergibt sich ein deutlich heterogeneres Bild bei der Zuordnung zu den Städten als 'Nodes' und zugleich zu Geoinformationen der Innovations- und Diffusionsprozesse. Während bei keiner Stadt ein vollständiger Nachweis erreicht wird, besteht doch bei Städten wie Berlin mit 102 Datenpunkten (75,6% Abdeckung) oder London mit 97 Datenpunkten (71,9% Abdeckung) eine relativ hohe Abdeckung. Diese nimmt jedoch schnell für weitere Städte über die Stichprobe ab, was statistisch als 'Long Tail' bezeichnet werden kann.

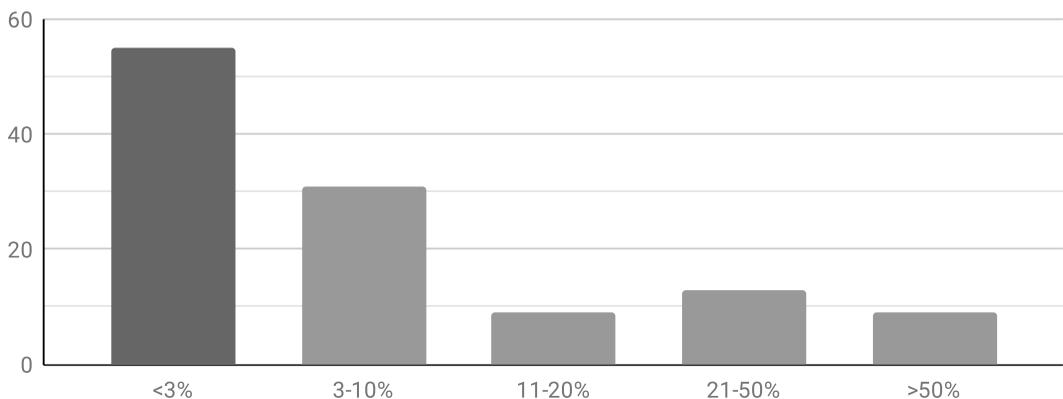


Abbildung 4.22: Überprüfung der Fälle von Städten mit <5 Datenpunkten

Bei Festlegung einer Untergrenze von 3% Datenverfügbarkeit pro Stadt (entspricht analog zu UI-Datenpunkten mindestens 5 Zeitangaben) werden somit 46% der Städte an dieser Stelle aussortiert. Dies mag als hoher Wert erscheinen, allerdings entspricht der absolute Anteil der betroffenen Datenpunkte in den Städten gesamt weniger als 8% (132 von 1683) und fällt somit im weiteren Prozess kaum ins Gewicht. Das Histogramm

(siehe Abbildung 4.22) zeigt die relative Verteilung der Teilmengen in fünf Kategorien von Städten.

Schritt 3: Eingrenzung des Zeitintervalls ab 1750

In der gesamten Stichprobe findet sich bei der Betrachtung der zeitlichen Verteilung aller 135 UI (DB2) eine Gruppe von Fällen, die eine deutliche Abgrenzung zum restlichen Datensatz aufweisen. Diese finden sich im Zeitraum vor dem Jahr 1700 und weisen teilweise sehr hohe Diffusionsschwellen auf (zB. 213 Jahre für die Adaption der ersten öffentlichen Badeeinrichtung (UI-4) in die nächste Stadt).

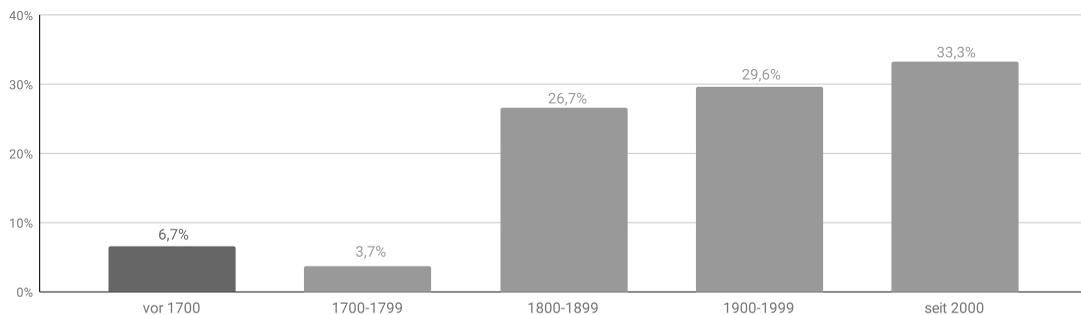


Abbildung 4.23: Überprüfung der UI-Datenpunkte im Zeitintervall

Des Weiteren findet sich eine signifikante Datenlücke (zwischen UI-7 'Polizei (zentral geführt)' und UI-8 'städtische Mülltrennung') von etwa neunzig Jahren zwischen Mitte des 17. und 18. Jahrhunderts, für die in der Literatur mögliche Gründe benannt werden: zum einen größere gesellschaftliche Umwälzungen im Zeitalter des Absolutismus und in der politischen, sozioökonomischen und baulichen Struktur von Städten und Staaten, zum anderen die Vorphase der industriellen Revolution. Aus diesen Gründen soll dieses 'vorindustrielle' Zeitintervall vor dem Jahr 1750 mit 6,7% (insgesamt 9) aller UI an dieser Stelle vernachlässigt werden, wie das dargestellte Schaubild (siehe Abbildung 4.23) aufschlüsselt.

Schritt 4: Visuelle Datenüberprüfung der Diffusionsverläufe

Die Konsistenz der Datensätze wird final anhand von Visualisierungen beispielhaft überprüft und auf korrekte Wiedergabe getestet. Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 4.24) zeigt beispielhaft die empirische Datenbasis von 15 urbanen Innovationen wie U-Bahn (UI-32), Müllverbrennungsanlage (UI-34), elektrische Tram mit Abnehmer (UI-42), Hochhäuser (UI-44) oder Fahrradwege (UI-47) über Zeit an.

4 Methodenentwicklung und -anwendung

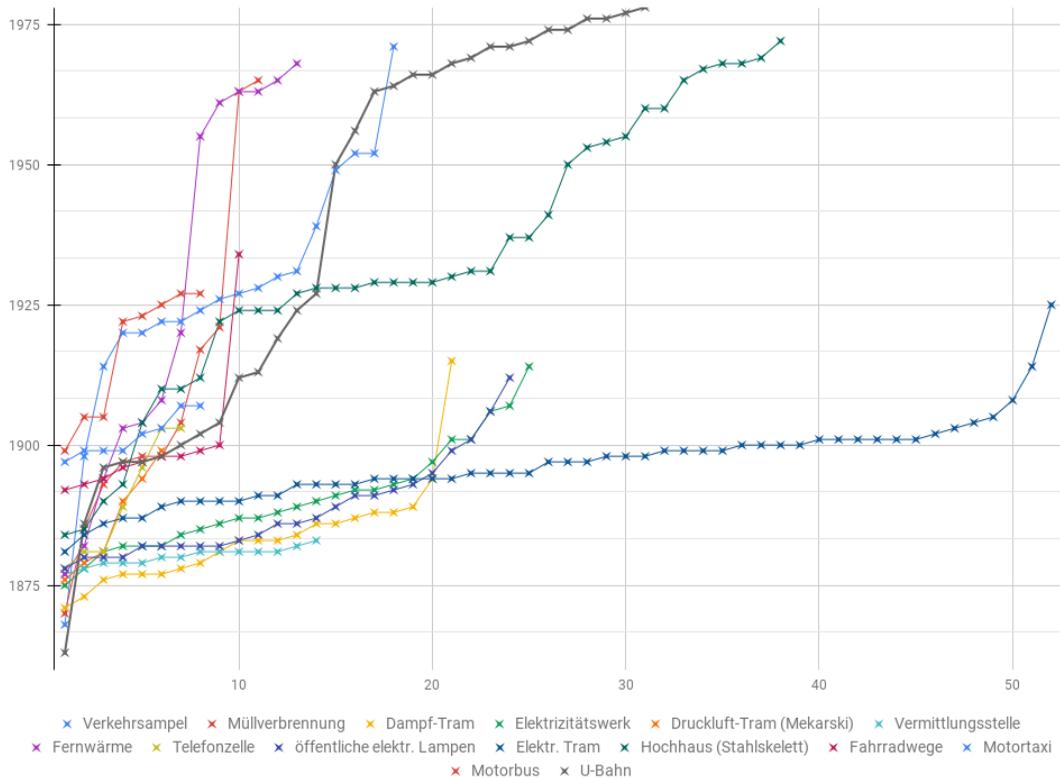


Abbildung 4.24: Beispielhafte Visualisierung von 1860 bis 1900 pilotierten UI mit Diffusionsverlauf (Ausschnitt)

Je mehr Datenpunkte (Innovation, Ort, Zeitpunkt) einer UI vorhanden sind, desto länger kann eine UI-Diffusion und deren Eigenschaften nachvollzogen werden. Gut erkennbar sind dabei die unterschiedlichen Diffusionsdauern: je flacher die Funktion, desto schneller die Verbreitung in vielen unterschiedlichen Städten in kurzer Zeit (x-Achse). Sehr gut ist als Beispiel die schnelle Diffusion der elektrischen Straßenbahn (Tram mit Abnehmer; in dunkelblau) zu erkennen, die erst ab der fünfzigsten Stadt abnimmt.

Ergebnis der Datenbereinigung

Somit kann nach erfolgter Datenbereinigung und -überprüfung eine Reduktion des ursprünglichen Rohdatensatzes von 1.683 Datenpunkte auf 1.388 Datenpunkte festgestellt werden, womit 82,5% der erfassten Rohdaten für das anschließende Feature Engineering verbleiben.

4.3.3 Feature Engineering (Inputvariablen)

Als dritter Schritt in der Datenvorbereitung wird das Feature Engineering durchgeführt. Feature Engineering beschreibt im Wesentlichen den Prozess der Erstellung relevanter Features (= Inputvariablen), die dann zur Modellierung verwendet werden [Thamm, 2021]. Hierbei werden aus den vorbereiteten Daten bezeichnende Variablen konstruiert, die möglichst relevant für den zu betrachtenden Anwendungsfall sind [Sammelmann, 2019].

Die folgenden Inputvariablen sind dabei von Bedeutung für die anschließende Datenmodellierung:

- Inputvariable 1: Diffusionsintervall D_{1-2} bis D_{1-15}
- Inputvariable 2: Diffusionsreichweite R_5
- Inputvariable 3: relative Stadtgröße G_5

Inputvariable 1: Diffusionsintervall D_{1-2} bis D_{1-15}

Für jede UI liegt ein eindeutiger Datensatz vor, der sich aus einem Ursprungszeitpunkt und in der Regel mehreren nachfolgenden Ort-Zeit-Datenpunkten zusammensetzt. Je nachdem, wie groß ein Teilintervall davon betrachtet wird, lässt sich eine einheitliche Referenzgröße über alle UI festlegen. Diese bildet die Grundlage für die weitere Modellierung. Hier gilt es, ein Optimum aus Validität und hoher Verfügbarkeit zu finden. Hierzu wurden zur Eingrenzung und Auswahl fünf Inputvariablen abgeleitet, die sich aufgrund der Verfügbarkeit im Datensatz stark unterscheiden (siehe Tabelle 4.4):

Diffusionsdauer	D_{1-2}	D_{1-5}	D_{1-8}	D_{1-10}	D_{1-15}
Verfügbarkeit(in %)	97,0	85,9	70,4	53,3	23,8

Tabelle 4.4: Übersicht unterschiedlicher Diffusionsmetriken bis zur 15. Stadt

Das bedeutet, dass in 131 von 135 Fällen eine Diffusion in die zweite Stadt festzustellen ist, in 116 Fällen in die fünfte Stadt, in 95 Fällen in die achte Stadt etc. Optimal wäre ein maximal hohes datengestütztes Diffusionsintervall über alle UI (in manchen Fällen konnten über 50 Datenpunkte recherchiert werden, z.B. elektrische Tram (UI-42)). Allerdings wurde statiert, dass die Aussagekraft bei abnehmender Intervallgröße relativ stabil bleibt, hierzu wurde ein Vergleich des Korrelationskoeffizienten aller Datensätze für D_{1-5} und D_{1-10} durchgeführt.

Das nachfolgende Diagramm (siehe Abbildung 4.25) zeigt die hohe Konstruktvalidität als Histogramm für beide Betrachtungen. Daraus lässt sich folgern, dass die Diffusionsdauer mit D_{1-5} neben den alternativen Koeffizienten ein hinreichender Kompromiss zwischen Validität und Datenverfügbarkeit für die anschließende Modellierung darstellt.

4 Methodenentwicklung und -anwendung

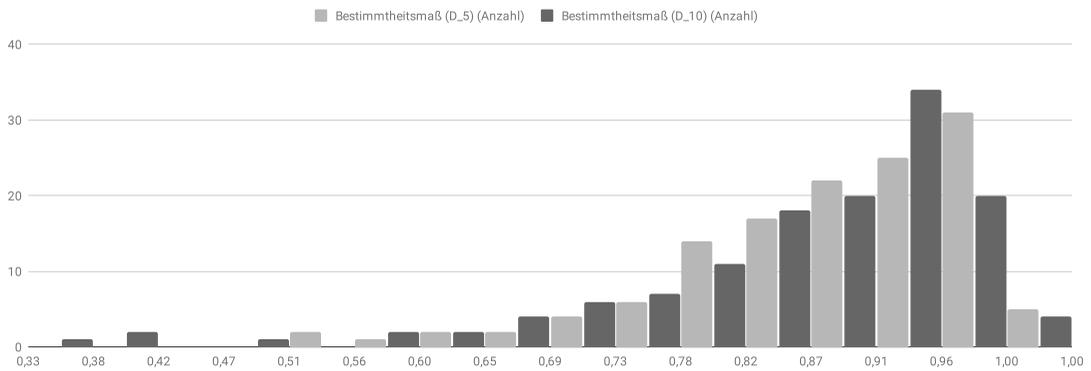


Abbildung 4.25: Vergleich Korrelationskoeffizient der Datensätze für D_{1-5} und D_{1-10}

Inputvariable 2: Diffusionsreichweite R_5

Mit der Ableitung des Diffusionsintervalls D_5 als Referenzwert zur zeitlichen Bestimmung von Diffusionsgeschwindigkeit kann als weitere Inputvariable die Diffusionsreichweite R_5 festgestellt werden. Durch die Georeferenzierung der ersten fünf Städte eines UI-Prozess lässt sich ableiten, wie viele unterschiedliche Länder (= politische Strukturen mit unterschiedlicher Gesetzgebung, Kultur, Auffassung) dabei erreicht werden. Wenn sich eine UI in der Frühphase für D_5 nur in Städten eines einzigen Landes ($R_5 = 1$) wiederfindet, könnte dies auf eine starke politische Steuerung einer Regierung oder besondere Rahmenbedingungen hinweisen. Dies ist beispielsweise beim Typus 'Stahlbeton-Hochhaus' (UI-44) in den USA zu erkennen. Dies ist jedoch nur in knapp 3% aller UI der Fall.

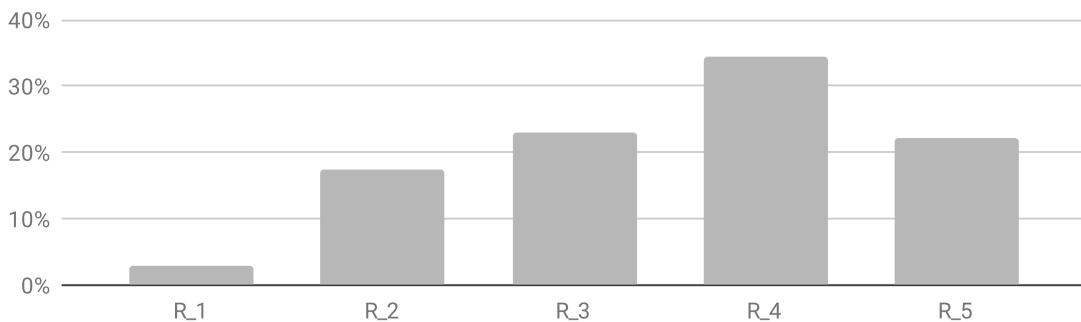


Abbildung 4.26: Ausprägung der Inputvariable 'Diffusionsreichweite' R über alle UI

Wenn sich dagegen für D_5 fünf Städte in ebenso vielen Ländern in den Daten belegen lassen ($R_5 = 5$), könnte dies für eine hohe länderübergreifende Übertragbarkeit und Relevanz der UI zum damaligen Zeitpunkt sprechen. Als Beispiel ist hier der Typus 'Bike-Sharing System' (UI-66) für die Länder Niederlande (Amsterdam), Frankreich

(La Rochelle), Schweiz (Zürich), Dänemark (Kopenhagen) und England (Portsmouth) zu nennen. Dieser Fall findet sich in etwas über 22% aller UI. In dem nachfolgenden Schaubild (siehe Abbildung 4.26) zeigt sich die relative Verteilung über Ländergrenzen hinweg. Erkennbar ist hierbei, dass sich das gesamte Spektrum von R in unterschiedlicher Häufigkeit wiederfindet. Im Durchschnitt 'tangiert' somit jede UI 3,55 Länder für die Diffusion D_5 .

Inputvariable 3: relative Stadtgröße G_5

Neben des Diffusionsintervalls und der -reichweite soll eine weitere Inputvariable G_5 eingeführt werden, die über die inneren Beziehungen zwischen Städten während eines UI-Prozesse Aufschluss geben kann. Dabei wird in der Datenbasis die jeweilige Stadtgröße zum Zeitpunkt einer UI-Einführung hinterlegt. Damit soll für die weitere Modellierung und Datenanalyse nachvollzogen werden, welche Relevanz die relative Stadtgröße als Inputvariable haben kann.

UI	Variable	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
LED-Leuchten	Stadt	München	Stuttgart	Wien	New York City	Karlsruhe
(UI-97)	Zeitpunkt	2003	2008	2009	2010	2011
	EW (Mio.)	1.21	0.58	1.55	8.01	0.28
...						
Bus Rapid Transit	Stadt	Liegé	Curitiba	Porto Alegre	Lissabon	Paris
(UI-68)	Zeitpunkt	1964	1974	1975	1977	1980
	EW (Mio.)	0.62	0.43	1.01	0.82	7.20

Tabelle 4.5: Beispiele UI und Diffusionsverläufe für fünf Städte mit Indikatoren Zeit und Einwohnerzahl (EW)

Die obige Tabelle (siehe 4.5) zeigt dies anhand der Beispiele LED-Straßenbeleuchtung (UI-97) und Bus Rapid Transit (UI-68) für die ersten fünf Städte auf. Für diesen Zweck wurden über eine manuelle Nachrecherche für alle $135 * 5 = 675$ Städte die jeweilige Einwohnerzahl für jede UI zum Zeitpunkt der Pilotierung erfasst und in der Datenbank ergänzt (z.B. hatte München im Jahr 2003 ca. 1,21 Mio. Einwohner). Für jede UI wurden dann die bis zu fünf Werte normiert, um den relativen Größenverlauf von Städten im Diffusionsprozess zu bestimmen.

Das nachfolgende Diagramm (siehe Abbildung 4.27) zeigt dabei einen klaren Trend zu abnehmenden Stadtgrößen auf: Bei 60% aller UI beginnt die Pilotierung in der größten oder zweitgrößten Stadt (S_1/S_2), nur in 20% der Fälle in den beiden kleinsten Stadtgrößen (S_4/S_5).

4 Methodenentwicklung und -anwendung

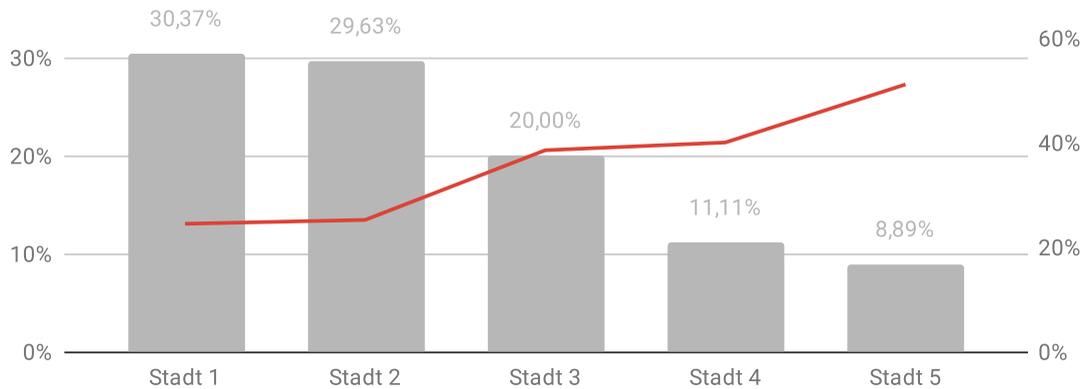


Abbildung 4.27: Ausprägung der Inputvariable 'Rang Stadtgröße' G_5 über alle UI (rot als Häufigkeit für Stadtgrößen $<10\%$ der Innovator-Stadt)

Mit der Inputvariablen G_5 können für den weiteren Forschungsverlauf zwei Aspekte formuliert werden:

- erstens ist damit eine Qualifizierung einer UI hinsichtlich des vollzogenen Verlaufs über unterschiedliche Stadtgrößen möglich,
- zweitens zeigt sich die Relevanz von Großstädten für das Pilotieren von Innovation für kleinere Städte (→ siehe z.B. späteres Muster 'Small Guinea Pig' [SMA]).

4.3.4 Zusammenfassung - Schritt 2

In der bisherigen Methodenanwendung wurde im Schritt 2 die Datenbereinigung, -prüfung und -vorbereitung abgeschlossen. Die vollständige Datenbankübersicht der drei abgeleiteten Inputvariablen befindet sich im Anhang (→ Anhang 9/Tabelle R). Mit den definierten Hauptvariablen zur Modellierung urbaner Innovationsprozesse (v.a. Ort, Zeit, Typ) sowie zusätzlichen Inputvariablen des Diffusionsintervalls D (Wie ist ein Diffusionsprozess einheitlich zu messen?), der Diffusionsreichweite R (Wie viele 'Regimes' erreicht eine UI bis D_5 durchschnittlich?) und der relativen Stadtgröße G (Wie verhalten sich Stadtgrößen im Diffusionsprozess?) stehen die geeigneten Werkzeuge und Metriken zur Durchführung von Schritt 3 zur explorativen Datenmodellierung zur Verfügung.

4.4 Schritt 3: Datenmodellierung

In dieser Phase der Methodenanwendung geht es darum, die Daten hinsichtlich der Forschungsfrage zu modellieren. In der Regel können hier mehrere Modellierungstechniken des Data Minings zum Einsatz kommen. Für die Datenmodellierung auf Basis der

vorliegenden Daten für urbane Innovationsprozesse werden hierzu Sensitivitätsanalysen für verschiedene Intervalle sowie Korrelations- und Netzwerkanalysen zur Bestimmung wesentlicher Metriken und deskriptiver Merkmale angewendet.

4.4.1 Bestimmung globale UI-Geschwindigkeit ρ

Wie verändern sich urbane Innovationszyklen in der Geschichte der Stadtentwicklung? Eine der zentralen Forschungshypothesen (B) für die Arbeit ist die Annahme, dass sich technologischer Wandel bzw. die Diffusion von Innovationen im Stadtsystem über Zeit beschleunigt. Dies basiert auf den Annahmen von mehreren technologiebasierten Studien [Moore, 1965; Kurzweil, 2001]. Allerdings bestehen im urbanen System dafür keine bekannten empirischen Nachweise, auch wenn sich Autoren wie Ibert, Selle oder Sahr-Pluth in Ansätzen damit befassen (vgl. Kapitel 2.3). Offen ist in der ausgewerteten Literatur die Frage, mit welchen Messgrößen oder Indikatoren sich dies über unterschiedliche Technologie- und Innovationsfelder adäquat erfassen lässt.

Varianten Koeffizient	UI-1 (in Jahren)	UI-2	UI-3	UI-4	UI-5	Abdeckung (gesamt)
ρ_2	6	48	19	55	...	96,3%
ρ_5	12	76	69	74	...	84,4%
ρ_8	16	92	79	79	...	69,6%
ρ_{10}	18	136	150	86	...	52,6%
ρ_x	...	...	...	...	...	...

Tabelle 4.6: Ausschnitt Datenbank zu zeitlichen Koeffizienten ρ_{2-10} für jede UI

Um dies domänenbezogen nachzuvollziehen, wurden auf Basis der erhobenen Eingangsdaten aller Zeitreihen jeder Innovation (DB2) mehrere Koeffizienten gebildet, die die zeitlichen Intervalle beschreiben. Hierzu wurden bereits geeignete Metriken (Differential A-B) eingeführt, die im Folgenden weiterentwickelt werden. In der obigen Tabelle (siehe Tabelle 4.6) sind für vier urbane Innovationen (I1-Ix) die Koeffizienten ρ_{2-10} aufgezeigt. Beispielhaft zu nennen sind:

- UI-1 (Gaswerk) benötigte somit 6 Jahre, bis sich die Innovation in der zweiten Stadt durchsetzte, nach 12 Jahren in der fünften Stadt, nach 16 in der achten usw. Dies beschreibt eine recht schnelle Diffusion für die Zeit (erste Pilotierung in 1810).
- UI-4 (Kläranlage) benötigte dagegen 55 Jahre, bis sich die Innovation in der zweiten Stadt durchsetzte, nach 74 Jahren in der fünften Stadt, nach 79 in der achten usw. Dies beschreibt eine eher träge Diffusion für diese Ära (erste Pilotierung in 1829).

Dabei ist anzumerken, dass je kleiner ρ_2 ist, desto eher ist mit einer breiten und zügigen Diffusion in weiteren Städten zu rechnen. Dies hängt allerdings von einer Vielzahl von

Randbedingungen ab, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll [vgl. Rogers, 2003]. Da die Verfügbarkeit valider Daten aufgrund der 'Abnutzung' des Neuheitsgrads über Zeit immer weiter abnimmt, wurde hierbei auf die hinreichende Abdeckung von Daten für jeden Koeffizient geachtet. Für ρ_2 liegt eine 96,3-%ige Abdeckung vor, für ρ_{10} noch 52,6%. Ein weiterer Koeffizient ρ_{15} wurde verworfen, da hier aufgrund der unvollständigen Datenlage nur eine Abdeckung von 23% bestand.

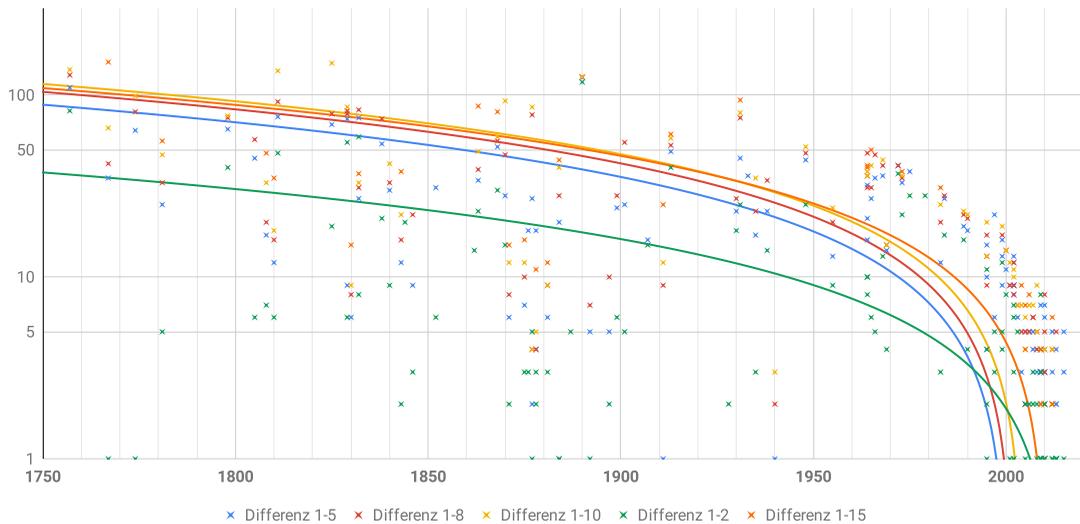


Abbildung 4.28: Zeitliche Innovationszyklen urbaner Innovation entlang der gewählten Koeffizienten (y-Achse logarithmisch)

Das obige Diagramm (siehe Abbildung 4.28) zeigt die Projektion aller Koeffizienten und urbanen Innovationen über das gesamte Zeitintervall. Für die intervallskalierten Punktmengen (y-Achse logarithmisch dargestellt) wird jeweils der Pearsonsche Korrelationskoeffizient als Trendlinie abgebildet (R^2) - siehe Tabelle 4.7:

Koeffizient	ρ_2 (bis 2. Stadt)	ρ_5 (bis 5. Stadt)	ρ_8 (bis 8. Stadt)	ρ_{10} (bis 10. Stadt)	ρ_{15} (bis 15. Stadt)
R^2	0,381	0,584	0,614	0,662	0,572

Tabelle 4.7: Korrelationskoeffizienten R^2 für ρ_{2-10}

Im Schaubild ist deutlich für alle Verläufe zu erkennen, dass sich eine kontinuierliche Abnahme der Diffusionsdauer im gesamten Zeitraum darstellt. Für die Werte ab ρ_5 zeigen sich durchgängig hohe Korrelationen $>0,5$, die die Reliabilität der Datensätze unterstreichen. Zwar gibt es bei ρ_2 deutliche Ausreißer nach unten in den früheren Phasen ab Ende des 18. Jahrhunderts, welche teilweise auf unabhängigen Entwicklungen

(keine Adaption, unabhängige Innovationsprozesse) basieren. Nach oben hin zeigen sich allerdings klare Limitationen, die über das gesamte Intervall kontinuierlich abnehmen.

Diese Daten belegen, dass spätestens seit dem Jahr 2010 im globalen Stadtsystem keine UI länger als zehn Jahre benötigt, um ρ_{10} zu erreichen - sich also in mindestens zehn Städten durchgesetzt hat. Zur hinreichenden Überprüfung der Validität dieses Ergebnisses werden zusätzlich zwei Varianten mittels Intervallarithmetik überprüft.

4.4.2 Vergleichende Intervallanalysen für ρ_5

Aufgrund der Heterogenität und Unvollständigkeit des Datensatzes und einer möglichen Fehleranfälligkeit bei der Betrachtung über den gesamten Zeitraum wird eine stichprobenhafte Variantenanalyse in unterschiedlichen und gleich großen Intervallen durchgeführt. Aufbauend auf Methoden der Intervallarithmetik soll hiermit ein besseres Verständnis über zeitliche Teilabschnitte und darunterliegende Kenngrößen für maximale und durchschnittliche Diffusionsdauern erzielt werden [Alefeld, 1974].

Als Stichprobe werden die Daten von ρ_5 im Vergleich herangezogen. Hierfür wird der Datensatz ($N = 135$) in fünf Intervalle (je 27 UI-Datensätze) und in neun Intervalle (je 15 UI) aufgeteilt. Fehlende Daten wurden für hohe Konsistenz als Mittelwerte der jeweils benachbarten Daten manuell ergänzt. Auf die Korrektur einzelner Ausreißer wurde verzichtet.

Überprüfung in 5 Intervallen (N = 27)

Bei Unterteilung in fünf gleichgroße Intervalle mit je 27 Jahren Betrachtungszeitraum ergibt sich folgendes Schaubild (siehe Abbildung 4.29):

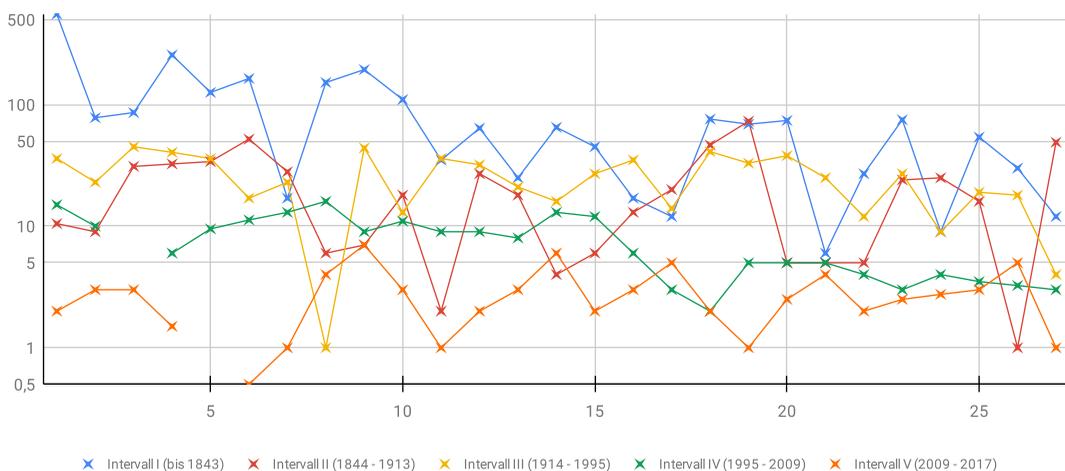


Abbildung 4.29: Diffusionsdauer fünf Zeitintervalle (y-Achse logarithmisch in Jahren)

4 Methodenentwicklung und -anwendung

Die Betrachtung der maximalen und durchschnittlichen Diffusionsdauern über fünf Intervalle ergibt die nachfolgende Verteilung (siehe Tabelle 4.8). Beide Kenngrößen zeigen über alle Intervalle einen klar abfallenden Trend an, einzig zwischen Int_2 und Int_3 steigt die durchschnittliche Diffusionsdauer leicht um +1,48 Jahre:

Intervall ($Int_1 - Int_5$)	Int_1 (bis 1843)	Int_2 (1844- 1913)	Int_3 (1914- 1995)	Int_4 (1995- 2009)	Int_5 (seit 2009)
Maximum	554	125	45	22	7
Mittelwert	90.07	23.91	25.39	8.61	2.69
Trend	-	↘	↗	↘	↘

Tabelle 4.8: Maximale und durchschnittliche Diffusionsdauer ρ_5 über fünf Intervalle

Damit ist nahezu jedes darauffolgende Intervall kürzer als das vorherige. Es ist von einer kontinuierlichen Verkürzung der Diffusionszyklen über den gesamten Betrachtungszeitraum auszugehen.

Überprüfung in 9 Intervallen (N = 15)

Bei Unterteilung in neun gleichgroße Intervalle mit je 15 Jahren Betrachtungszeitraum ergibt sich folgendes Schaubild (siehe Abbildung 4.30):

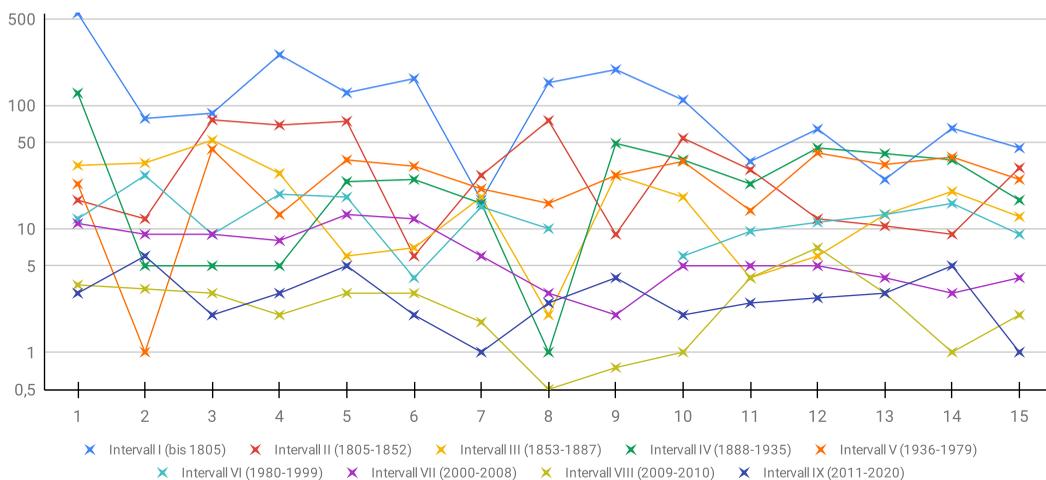


Abbildung 4.30: Diffusionsdauer neun Zeitintervalle (y-Achse logarithmisch in Jahren)

Die Betrachtung der maximalen und durchschnittlichen Diffusionsdauern über neun Intervalle ergibt die nachfolgende Verteilung (siehe Tabelle 4.9). Beide Kenngrößen weisen über alle Intervalle einen signifikant abfallenden Trend, wobei zwischen Int_3 (ab 1853) und Int_4 (ab 1888) die maximale Diffusionsdauer vorübergehend stark um 73

Jahre steigt. Ebenso zeigen Int_3 und Int_4 eine erhöhte Durchschnittsdiffusion von +11,5 Jahren, die danach wieder konstant abnimmt:

Intervall ($Int_1 - Int_9$)	bis 1805	1806- 1852	1853- 1887	1888- 1935	1936- 1979	1980- 1999	1999- 2008	2009- 2010	seit 2011
Maximum	554	76	52	125	44	27	13	7	6
Mittelwert	131.40	34.10	18.67	30.17	26.60	14.18	6.60	2.58	2.98
Trend	-	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗

Tabelle 4.9: Maximale und durchschnittliche Diffusionsdauer ρ_5 über neun Intervalle

Damit ist (bis auf die Ausnahmen Int_{3-4} und Int_{8-9}) auch hier fast jedes darauffolgende Intervall kürzer als das vorherige. Es ist ebenso von einer kontinuierlichen Verkürzung der Diffusionszyklen über den gesamten Betrachtungszeitraum auszugehen. Damit gilt Hypothese B für die betrachteten Daten belegt.

4.4.3 Bestimmung individueller UI-Faktor ϕ einer Stadt

Ein zentraler Faktor zur Bestimmung von urbanen Innovationsmustern im Stadtsystem ist die zugrundeliegende Innovationsleistung bei der frühen Adoption. Während für Unternehmen umfassende Metriken und Kenngrößen für Innovationsleistung oder -fähigkeit existieren, ist dies auf städtischer Ebene kaum verbreitet [vgl. Som, 2010].

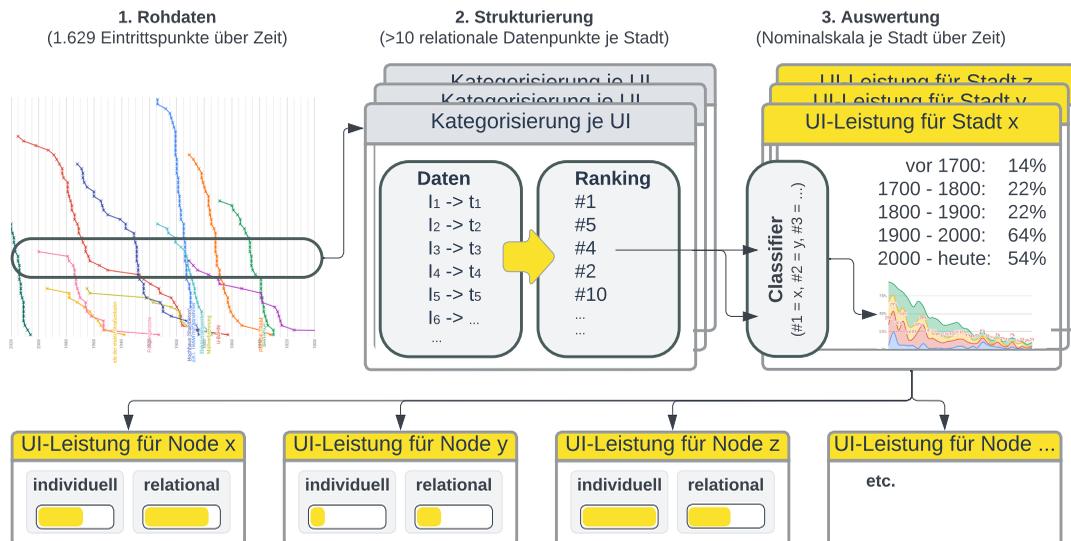


Abbildung 4.31: Berechnungsschema UI-Faktor ϕ aus Diffusionsverläufen der 135 UI

Zur quantitativen Messung in urbanen System wird ein neuer Faktor benötigt, der auf einer breiten Empirie bisheriger Innovationsdiffusion über ein definiertes Zeitintervall basiert. Hierzu wird der UI-Faktor ϕ mit dem nachfolgend skizzierten Verfahren (siehe Abbildung 4.31) zur Bestimmung der Innovationsleistung einer Stadt vorgeschlagen. Dieser beschreibt als relativer Wert eine einzelne Innovationsleistung (individuell) im Verhältnis zum gesamten Innovationssystem (relational).

Aus den Rohdaten (Zeit, Ort, Typ) und den resultierenden Diffusionsverläufen ($N = 135$) erfolgt die Gewichtung jeder Stadt (UI_{1-x}) für die ersten zehn Datenpunkte jeder UI. Hat eine Stadt UI_1 weltweit als erste realisiert, erhält sie Rang 1, als zweite Rang 2, als dritte Rang 3 etc.

Entlang der Innovationstypen nach Rogers für Innovatoren (UI_{1-2}), frühe Adopter (UI_{3-5}) und frühe Mehrheit (UI_{6-10}) erfolgt eine zusätzliche Gewichtung der Gewichte (Classifier) [Rogers, 1973]. Die Gewichtung hierzu leitet sich aus Rogers Diffusionsmodell mit 2,5% Innovatoren, 13,5% frühen Adoptern und 34% früher Mehrheit ab [ebd.]. Eintrittszeitpunkte nach der 10. Stadt sind nicht in der Berechnung gewertet.

$$\text{Innovationsleistung } \phi = \frac{\frac{1}{2.5} * I_1 + \frac{1}{5} * I_2 + \frac{1}{8.5} * I_3 + \frac{1}{14} * I_{4-5} + \frac{1}{20} * I_{6-10}}{\sum I_{\text{gesamt}}}$$

Die obige Gleichung gibt die Berechnungsgrundlage hierzu mit den Koeffizienten aus Rogers Diffusionsmodell wieder. Wird dies für alle Städte durchgeführt, kann sowohl eine Bestimmung für ein bestimmtes Zeitintervall, beispielsweise für das 20. Jahrhundert (aggregiert), einer einzelnen Stadt (= Node) bestimmt werden (individuell), wie auch für eine Position in bestimmten Sektoren (relational).

In dem nachfolgenden Diagramm ist eine intervallskalierte Darstellung von 100 Städten aus der Datenbank zur Veranschaulichung visualisiert. Die TOP5-Städte (>50%) sind in rot, die TOP13-Städte (>25%) in gelb markiert (siehe Abbildung 4.32). Eine vollständige Übersicht der Innovationsleistung ϕ aller erfassten Städte findet sich im Anhang (→ Anhang 6/Tabelle O).

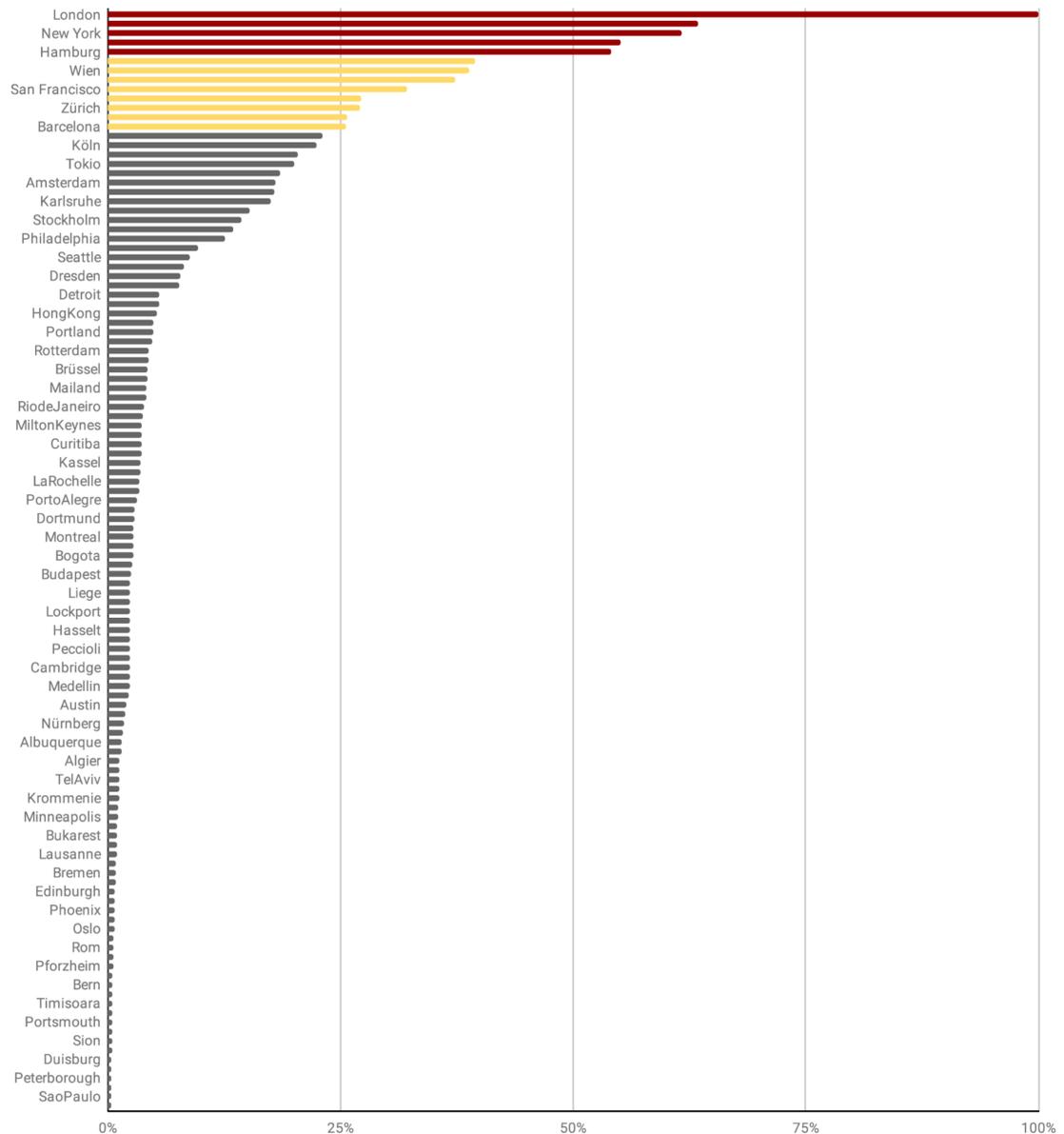


Abbildung 4.32: Darstellung der intervallskalierten UI-Leistungen von 100 Städten

4.4.4 Innovationsdynamik von Städten über Zeit

Eine typische Charakteristik der zuvor modellierten UI-Raten von Städten ist die zeitliche Veränderlichkeit. Manche Städte haben in einer bestimmten Phase hohe UI-Leistungen im Vergleich zu anderen Städten, wo sie mehrere Nr.1-Innovationen in kurzer Zeit hervorgebracht haben. Dies kann sich jedoch im nächsten Zeitintervall wieder ändern und

4 Methodenentwicklung und -anwendung

damit einen 'Verlust' von UI-Leistung darstellen. Dies soll anhand von zwei Beispielen kurz veranschaulicht werden:

- Die Stadt Paris war im 17. Jahrhundert führend als Innovator mit insgesamt sechs Nr.1-3-Innovationen. In der Literatur finden sich passende Belege für die damalige Zeit als 'Muster einer barocken Stadtplanung' unter Ludwig XIV. im Absolutismus [Kostof, 1993]. Im 18. Jahrhundert entstand jedoch ein Verlust von -90%, vermutlich durch politische und gesellschaftliche Umbrüche bedingt.
- Ähnliches ist für die Stadt Philadelphia auszuführen, die im 18. Jahrhundert eine hohe UI-Leistung aufwies - in der gleichen Ära, in der Paris massiv einbüßte. Dabei wurde die Stadt erst 1682 gegründet, während Paris bereits eine jahrtausendalte Entwicklung vorweisen konnte. Im 19. Jahrhundert fiel diese Leistung wieder stark ab um -77%, nachdem Philadelphia unter anderem als größte Stadt der USA von New York City abgelöst wurde.

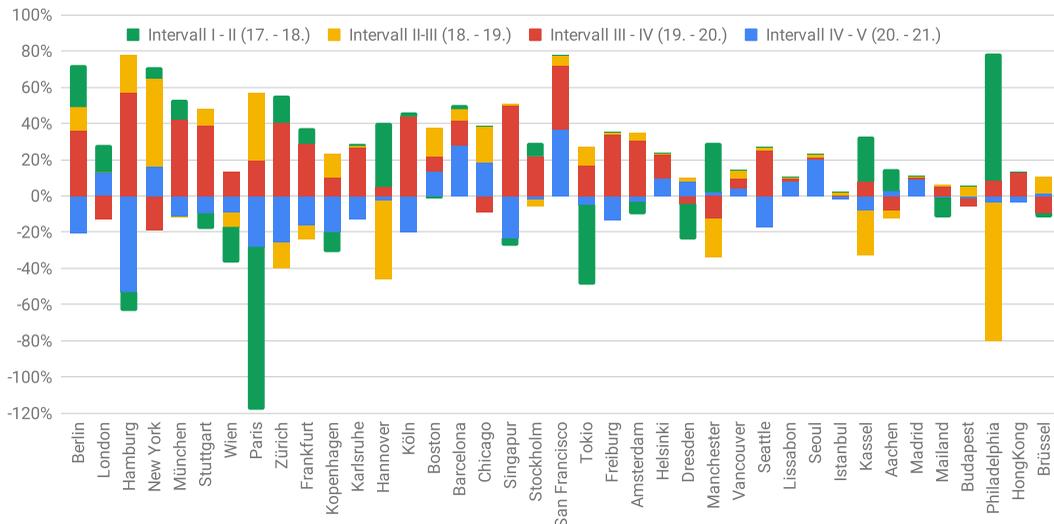


Abbildung 4.33: Visualisierung der UI-Veränderungsraten der TOP40-Städte über Zeit

Das obige Balkendiagramm (siehe Abbildung 4.33) zeigt die relativen Veränderungs-raten in einem Teil der Stichprobe auf, die sich über die vier definierten Zeitintervalle (Jahrhunderte) auswerten lassen: Je positiver der Wert auf der y-Achse, desto stärker die positive Veränderungsrate im Verhältnis zu den anderen Städten; je negativer der Wert, desto stärker die negative Entwicklung gegenüber dem 'Wettbewerb'.

Ebenso ist aus den Daten festzustellen, dass es nur wenige Städte in den TOP25 gibt, die eine durchgängig positive Entwicklung über den gesamten betrachteten Untersuchungszeitraum vorweisen können (einzig San Francisco, Barcelona, Helsinki). Somit

wird deutlich, dass auch heute innovative Städte nicht durchgängig hohe UI-Leistungen in ihrer historischen Entwicklung aufwiesen und zahlreiche Variablen Einfluss darauf haben. Die UI-Leistung einer Stadt ist somit zu einem gewissen Grad beeinflussbar.

4.4.5 explorative Methoden der Datenmodellierung

Methode 1: Korrelationsanalyse externer Kontextfaktoren

In Kapitel 4.4.2 wurde die individuelle Innovationsleistung ρ einer Stadt (Node) im Gesamtsystem eingeführt. In Kapitel 4.4.3 wurde zusätzlich die zeitliche UI-Variabilität einzelner Städte analysiert. Damit lassen sich weiterführende Datenauswertungen vornehmen, die die UI-Rate ϕ in den jeweiligen Kontext mit weiteren Merkmalen einer Stadt (=Regimes) setzen können. Die folgenden acht Variablen dienen dazu, wesentliche Eigenschaften einer Stadt näher zu definieren (z.B. Bevölkerungsdichte, Wirtschaftsleistung, Stadtstruktur, ...). Wo möglich wurden einheitliche Datenquellen herangezogen:

- k_1 : Bevölkerungsdichte (EW/Fläche in km^2) von citypopulation [Brinkhoff, 2022]
- k_2 : Wirtschaftslage (GDP/Einwohner) von Global Metro Monitor [Bouchet, 2018]
- k_3 : Startupdichte (Anzahl/Einwohner) von Seedtable [Seedtable, 2020]
- k_4 : Stadtstruktur (\emptyset -Kantenlänge von Straßennetzen) [Boeing, 2019]
- k_5 : Klimabilanz (t CO_2 /Einwohner) von CDP [CDP, 2022]
- k_6 : Bevölkerungswachstum (in % ggü. 2000) von citypopulation [Brinkhoff, 2022]
- k_7 : Einwohnerzahl von citypopulation.de [Brinkhoff, 2022]
- k_8 : Durchschnittsalter der Stadtbevölkerung von Urbistat [Urbistat, 2021]

Da die Kontextfaktoren nur statisch vorliegen und keine Zeitreihenanalyse mangels verlässlicher Daten möglich ist, wurde für die UI-Raten der Städte nur das Zeitintervall ab dem Jahr 2000 (Intervall V) verwendet. Für die einzelnen Cluster wurden einfache Kohorten von je fünf Städten (entlang der UI-Raten) gebildet, um eine homogene Darstellung zu unterstützen und einzelne Ausreißer über die Mittelwerte jeder Kohorte möglichst einzufangen.

Mit diesen Faktoren wird eine erste Korrelation überprüft mit dem Ziel mögliche Zusammenhänge zur unabhängigen Variable UI-Rate ϕ zu identifizieren, die Einfluss auf die Innovationsleistung einer Stadt nehmen können (Forschungshypothese D). Das nachfolgende Diagramm zeigt eine erste grafische Vorüberprüfung (siehe Abbildung 4.34) hierzu. Die gewählten Kontextfaktoren wurden aus verschiedenen Datenquellen zusammengetragen, in einer neuen Datenbank (\rightarrow Anhang 7/Tabelle P) mit den vorhandenen Metriken der UI-Raten je Stadt ergänzt und in Kohorten überprüft.

4 Methodenentwicklung und -anwendung

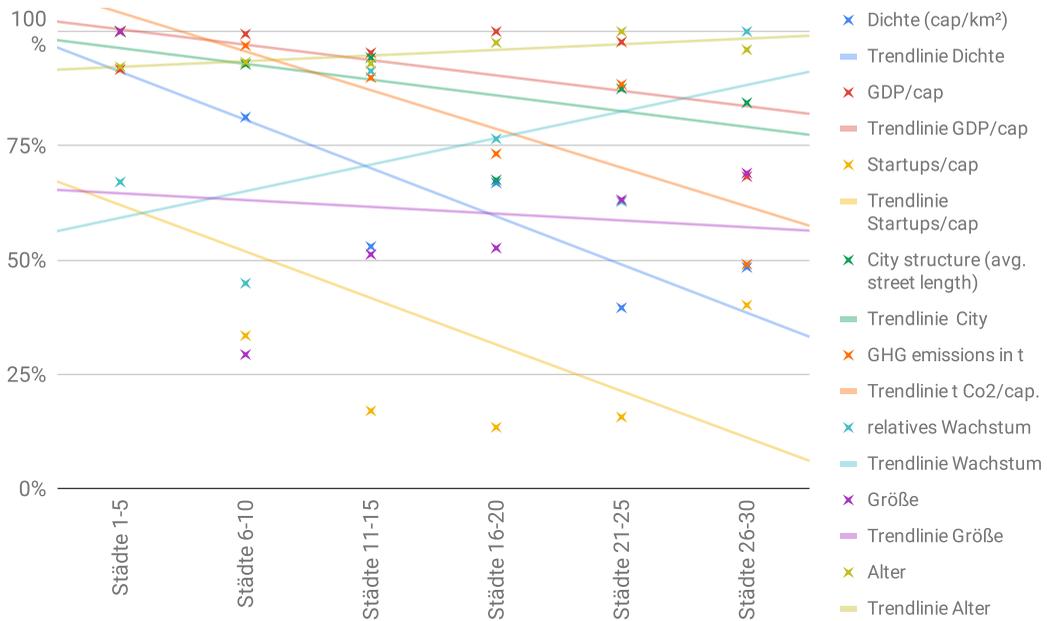


Abbildung 4.34: Überprüfung des Zusammenhangs von UI-Rate und Kontextfaktoren in Kohorten für TOP30-Städte

Die durchgeführte Korrelationsanalyse nach Pearson für die TOP30-Städte lässt dabei erste Zusammenhänge zwischen der UI-Rate und den einzelnen Kontextfaktoren k_{1-8} annehmen (siehe Tabelle 4.10):

- sehr hohe Korrelation (0,93) zur Einwohnerdichte (k_1) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto dichter und durchmischer.
- leichte Korrelation (0,30) zum Bruttosozialprodukt (k_2) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto wirtschaftsstärker.
- sehr hohe Korrelation (0,83) zur Anzahl von Startups (k_3) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto mehr Startups/Einwohner.
- hohe Korrelation (0,62) zur durchschnittlichen Straßenlänge (k_4) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto größer sind Straßenblöcke und Stadtstrukturen.
- hohe Korrelation (0,68) zu THG-Emissionen (k_5) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto schlechter ist die CO₂-Bilanz/Kopf der betrachteten Städtegruppen.
- mittlere negative Korrelation (-0,49) zum relativen Wachstum (k_6) einer Stadt → These: Je innovationsstärker, desto weniger wurden Einwohner hinzu gewonnen.

- mittlere Korrelation (0,43) zur durchschnittlichen Einwohnerzahl (k_7) einer Stadt
→ These: *Je innovationsstärker, desto mehr Einwohner.*
- hohe negative Korrelation (-0,70) zum Durchschnittsalter (k_8) einer Stadtbevölkerung
→ These: *Je innovationsstärker, desto jünger ist die Bevölkerung.*

Die nachfolgende Tabelle gibt die zugrundeliegende Datenlage inklusive Korrelationskoeffizient je k-Indikator wieder (siehe Tabelle 4.10). Dennoch sind dies keine belastbaren Schlussfolgerungen, sondern eher hypothesenartige Ableitungen und als Beweisführung empirisch nicht hinreichend belastbar. Aufgrund der hohen Heterogenität von Stadttypen (keine Stadt ist gleich) mit zahlreichen unterschiedlichen Indikatoren ist eine umfassende multivariate Analyse der wesentlichen Merkmale von Städten mit hoher Innovationsleistung (TOP-25) an dieser Stelle nicht leistbar und möglicher Fokus zukünftiger Forschungsarbeiten (siehe Kapitel 7).

Kohorten	UI-Rate ϕ	k_1 cap/ km ²	k_2 GDP/ cap	k_3 Start/ cap	k_4 Ø- Länge	k_5 t CO ₂ /cap	k_6 Wachs- tum	k_7 Größe	k_8 Ø- Alter
Städte _{1–5}	100%	100%	92%	100%	100%	100%	67%	100%	92%
Städte _{6–10}	61%	81%	99%	33%	93%	97%	45%	30%	93%
Städte _{11–15}	40%	53%	95%	19%	94%	96%	91%	51%	93%
Städte _{16–20}	33%	67%	100%	13%	68%	76%	77%	54%	98%
Städte _{21–25}	26%	40%	98%	16%	87%	90%	63%	66%	100%
Städte _{26–30}	17%	48%	68%	37%	84%	49%	100%	72%	96%
Korrelation (Pearson)		0,93	0,30	0,83	0,62	0,68	-0,49	0,43	-0,70

Tabelle 4.10: Normierte Betrachtung der Kontextfaktoren von 6 Städtekohorten in Abhängigkeit der UI-Rate (ab dem Jahr 2000)

Zum jetzigen Zeitpunkt zeigen sich somit erste Charakteristika, die mehr oder weniger entscheidenden Einfluss auf die Innovationsleistung einer Stadt haben oder zumindest Korrelationen aufweisen und logisch erscheinen. Auch etablierte innovationsökonomische Theorien wie Floridas 'Creative Class' mit den 3 Ts (Talente, Technologien, Toleranz) belegen empirisch mehrere der Korrelationen, welche somit wichtige Standortfaktoren für urbane Innovation sein können [Gottschalk, 2011].

Damit kann die Hypothese D an dieser Stelle nicht hinreichend nachgewiesen werden, auch wenn bestimmte Tendenzen (= signifikante 'Regimes' von Städten) im Zeitintervall ab dem Jahr 2000 erkennbar werden. Über eine stichprobenhafte Detailanalyse von k_6 über einen längeren Zeitraum wird im folgenden Teilkapitel zumindest ein Beleg der obigen These untersucht.

Methode 2: Zeitreihenanalyse für k_6 (relatives Wachstum \rightarrow UI-Rate)

Zur Beantwortung der Hypothese 'Es gibt einen zeitlichen Zusammenhang zwischen dem Wachstum einer Stadt und ihrer Innovationsleistung' wurde für die ersten sechs Städte (TOP6) eine Modellierung der Bevölkerungsentwicklungszahlen über das gesamte Zeitintervall in 50-Jahr-Phasen vorgenommen (\rightarrow Anhang 11/Tabelle T). Bei allen wurde der Bevölkerungsstand zum Jahr 2020 mit hundert Prozent definiert. Für die UI-Leistung wurden alle Innovationstypen von Typ.1-4 (bis zur zehnten Stadt) berücksichtigt. Das Ergebnis zeigt für je zwei Fälle eine hohe ($>0,5$), mittlere ($>0,3$) und leichte ($>0,1$) Korrelation (siehe Tabelle 4.11) bei den betrachteten Städten und unterstützt damit die These aus der vorangegangenen Analyse der Kontextfaktoren für k_6 - Bevölkerungswachstum [vgl. Cohen, 1988]:

Stadt	Berlin	New York City	Paris	London	Hamburg	München
Korrelation (Pearson)	0.652	0.289	0.368	0.861	0.396	0.250

Tabelle 4.11: Pearson-Korrelation der Variablen Wachstumsrate (k_6) und Innovationsleistung ϕ für ausgewählte TOP₆-Städte

Je mehr Einwohner eine dieser Städte über einen längeren Zeitraum (z.B. mehrere Jahrzehnte) gewinnt, desto höher ist im gleichen Zeitraum die Wahrscheinlichkeit, auch Typ.1-4-Innovationen hervorzubringen.

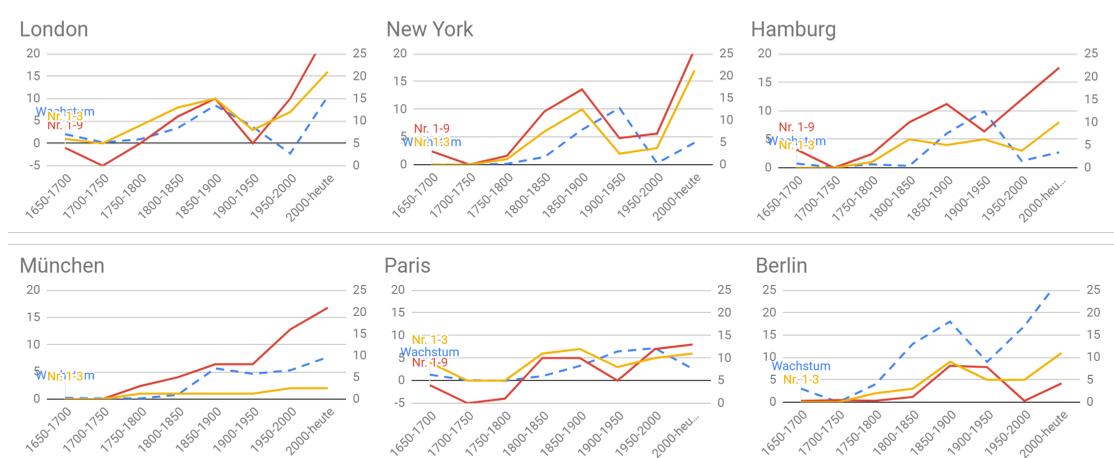


Abbildung 4.35: Zeitreihenanalyse der TOP6-Städte zwischen Bevölkerungswachstum und Innovationsleistung (für UI₁₋₃ (gelb) und UI₁₋₉ (rot))

Die dargestellten Diagramme von sechs Metropolen (siehe Abbildung 4.35) visualisieren den erkennbaren Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Stadtbevölkerung

je fünfzig Jahre und der spezifischen UI-Leistung der Stadt im gleichen Zeitraum (blau = EW, rot = Nr.1-9 UI, gelb = Nr. 1-3 UI).

Damit liegt hier eine signifikante Korrelation zwischen Innovationsleistung und Bevölkerungswachstum bei Innovator- und Adopterstädten vor. Beispiel hierfür stellt die U-Bahn in London 1863 als weltweite Transport-Innovation in einer Zeit dar, in der die Millionenstadt jährlich mehr als 60.000 Einwohner aufnahm und damit innerhalb von vier Jahrzehnten ihre Einwohnerzahl verdoppelte.

Methode 3: Netzwerkanalyse (Chord Diagram)

Ein weiterer explorativer Modellierungsschritt auf Basis der erfassten Diffusionsverläufe ist eine graphenbasierte Netzwerkanalyse, die die einzelnen Beziehungen zwischen den Städten ('Nodes') sichtbar macht. Hierzu wurden zwei Intervalle aus der gesamten Stichprobe aus DB2 gewählt, die zum einen den Zeitraum bis 1850 mit 30 Städten (Fall 1) und zum anderen den Zeitraum ab dem Jahr 2000 mit 50 Städten (Fall 2) berücksichtigen.

Für die Durchführung wurde auf KNIME als Software für interaktive Datenanalysen zurückgegriffen, wobei direkte JavaScript-Bibliotheken eingebunden werden können. Die nachfolgende Grafik (siehe Abbildung 4.36) zeigt einen Ausschnitt der modularen Programmierumgebung wie verwendet.

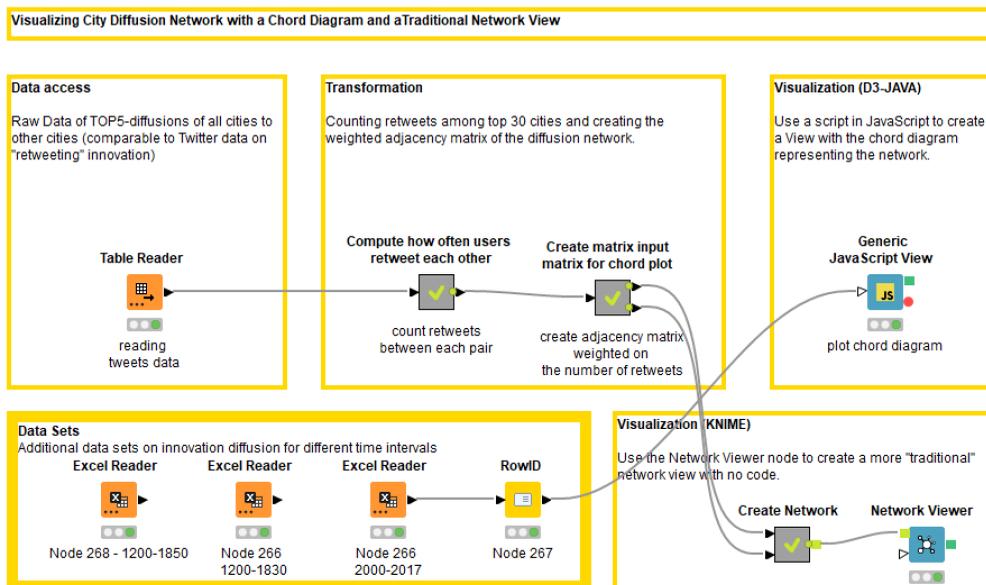


Abbildung 4.36: Workflow der Datenmodellierung und -visualisierung 'Innovationsdiffusion Städte' in der Entwicklungsplattform KNIME

Die Inputdaten wurden in eine zweidimensionale Matrix modelliert, bei der die absolute Häufigkeit, mit der eine urbane Nr.1-Innovation von einer Stadt in eine an-

4 Methodenentwicklung und -anwendung

dere diffundierte, erfasst wurde. Somit konnten, vergleichbar mit einer Social-Media-Netzwerkanalyse (z.B. bei Retweets), Innovationsdynamiken in beide Richtungen in einem Sehnendiagramm erfasst werden (→ Anlage/Tabelle U - Datenmatrix).

Ein Sehnendiagramm stellt dabei ein grafisches Verfahren zum Anzeigen von Wechselbeziehungen zwischen Daten radial um einen Kreis herum dar. Es stellt Flüsse oder Verbindungen zwischen mehreren Entitäten (Knoten) dar, wobei die Beziehungen zwischen den Knoten typischerweise als Bögen gezeichnet werden, die die Daten verbinden. Je öfter somit ein einzelner Knoten Innovationen in weitere Knoten repliziert hat, desto breiter ist der entsprechende Abschnitt der Kreissehne (engl. 'chord').

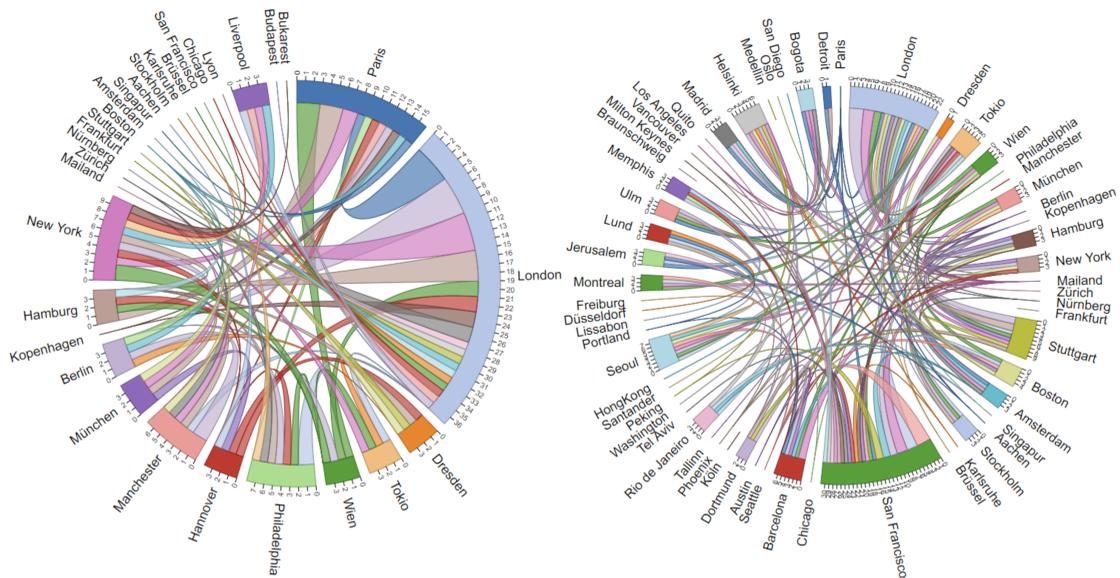


Abbildung 4.37: Beispielhafte Innovationsdiffusion zwischen Städten bis 1850 (links) und ab 2000 (rechts)

Im Vergleich beider Intervalle (siehe Abbildung 4.37) zeigen sich recht detailliert 'Momentaufnahmen' in das globale Innovationsökosystem von Städten für ein bestimmtes Zeitintervall. Vergleichbar mit einer fotografischen Langzeitbelichtung im anschließenden Zeitraffer werden hierbei die Dynamiken, Beziehungen und Gewichtungen für beide Betrachtungsräume schlaglichtartig sichtbar.

Es wird in der Interpretation deutlich, wie sich die Rolle oder Dominanz einzelner Städte im Innovationssystem über Zeit verschieben kann: Während in dem linken Diagramm (bis 1850) die Stadt London eine sehr dominante Rolle einnimmt (vgl. späteres Muster 'London Powerhouse' in Kapitel 6), gefolgt von Paris und ungefähr einem Dutzend ähnlicher Städte, zeigt sich im rechten Diagramm eine deutlich heterogenere Netzwerkstruktur im 21. Jahrhundert. Die Stadt London hat ihre Vorreiterfunktion an San Francisco (vgl. späteres Muster 'San Francisco Gambit') abgegeben und es gibt eine deutlich größere

Anzahl von Städten, die ebenso Nr.1-Innovationen pilotieren und auch adoptieren. Das 'Spielfeld', die Spielregeln und auch die Spielzüge für urbane Innovationen sind deutlich breiter und offener geworden [vgl. Thompson, 2018]. Im nachfolgenden Diagramm (siehe Abbildung 4.38) ist zur Überprüfung ein Ausschnitt der Netzwerkanalyse für die TOP12-Städte mit höchster UI-Leistung im gesamten Zeitintervall und über alle UI dargestellt:

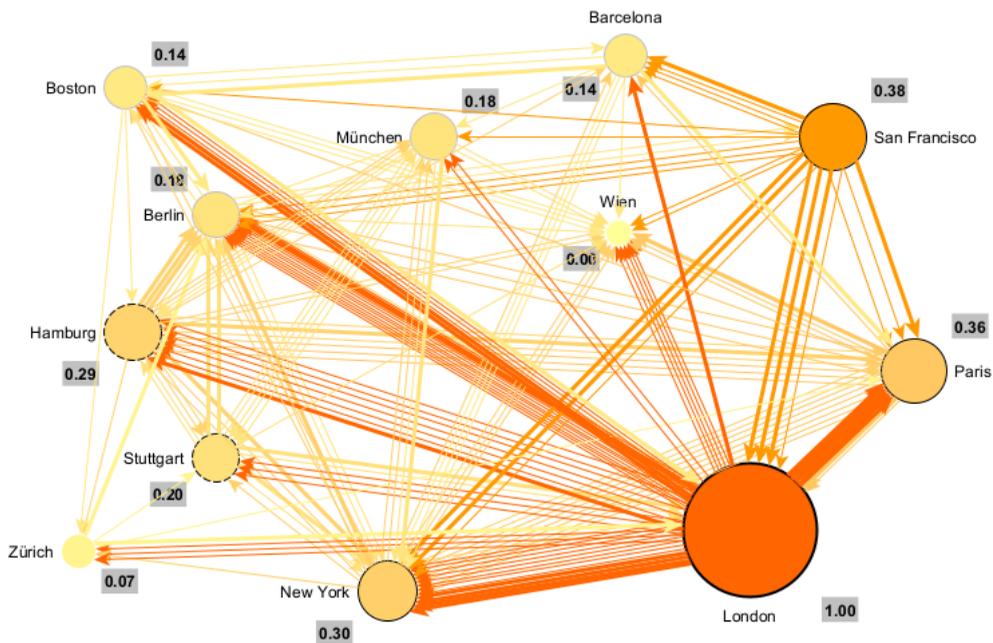


Abbildung 4.38: Visualisierung der Beziehungen zwischen den TOP12-Städten bis D_5

Die Visualisierung wurde mit yEd Graph Editor auf Basis der zugrundeliegenden Daten erstellt. Die direkten Diffusionen zwischen Innovator (Nr. 1) und Adopter (Nr. 2) sind zur Differenzierung fett hervorgehoben. Deutlich ist die besondere Stellung der Stadt London vor San Francisco und Paris zu erkennen. Da an dieser Stelle zur Komplexitätsreduktion nur die Beziehungen zwischen diesen Städten (bis D_5) berücksichtigt wurden, besteht eine leichte Verzerrung ggü. der Gesamtübersicht weiter oben.

4.4.6 Zusammenfassung - Schritt 3

In der bisherigen Methodenanwendung wurde im Schritt 3 die explorative Datenanalyse auf Basis von DB2 durchgeführt. Hierbei wurde als erstes die zeitliche UI-Rate ϕ bestimmt (auf Basis des Diffusionsintervalls D_5) und die Aussagekraft der Längsschnittbetrachtung mittels zweier alternativer Intervallen überprüft. Danach konnte der UI-Faktor ρ einer einzelnen Stadt modelliert und damit eindeutige Hierarchien und Unterschiede in dem betrachteten Sample abgeleitet werden. Über weitere explorative Data-Mining-Methoden

wurden Zeitreihen, Korrelationen und Netzwerkbeziehungen stichprobenhaft analysiert. Auf dieser Basis kann in Schritt 4 eine empirisch gestützte und wissenschaftlich fundierte Datenevaluation und -interpretation hinsichtlich der Forschungshypothesen erfolgen.

4.5 Schritt 4: Datenevaluation und -interpretation

Die Ergebnisse (erste Datenmuster) aus der Datenmodellierung mittels Data-Mining werden nun abgeglichen und interpretiert. Durch diesen Prozessschritt entsteht im Idealfall bisher unbekanntes Wissen, welches zu Beginn des KDD-Prozesses nicht verfügbar war [Kühn, 2009]. Im Zuge der explorativen Datenmodellierung wurden hierzu mehrere Verfahren exemplarisch ausgewählt, die empirischen Aufschluss über die Domäne urbaner Innovations- und Diffusionsprozesse geben können. Vor Beginn des erweiterten Datenanalyseprozesses wurde auf Basis der Literaturanalyse sowie erster Fallstudien ein Rahmenkonzept erstellt und entsprechende Hypothesen zur Überprüfung formuliert (Kapitel 3.5).

4.5.1 Überprüfung der Hypothesen A - D

In Kapitel 3.5 wurden fünf forschungsleitende Hypothesen formuliert, die durch Überprüfung ein besseres Verständnis für die bisher in der Fachliteratur nicht näher beschriebenen Innovations- und Diffusionsprozesse zwischen Städten ermöglichen sollten. Über die bisher erfolgten Schritte wurden vier von fünf Hypothesen (A - D) bereits untersucht, drei davon konnten empirisch nachgewiesen werden.

- Im Schritt 0 wurde beim Aufbau des 'Analyseverständnis' bereits die Hypothese A nachgewiesen, indem durch die Zerlegung der historischen Stadt- und Technikentwicklung innerhalb funktionaler Subsysteme klare Einflüsse entlang einer Co-Evolution aufgezeigt wurden (Schritt 4.1). → Verifizierung Hypothese A
- Der Schritt 1 diente dazu, diejenigen Daten zu selektieren und zu strukturieren, die zur Methodenanwendung erforderlich waren (Kapitel 4.2). Gleichzeitig wurde an dieser Stelle eine einheitliche Definition für urbane Innovationen vorgenommen, um eine hohe interne Validität zu erreichen. Damit stellte dieser Schritt eine kritische Voraussetzung dar, ohne den die empirische Überprüfung der weiteren Hypothesen nicht möglich gewesen wäre.
- In Schritt 2 konnten darauf aufbauende Maßnahmen zur Datenprüfung, -bereinigung und Ableitung von Inputvariablen wie dem Diffusionsintervall D_5 als Referenzwert durchgeführt werden (Kapitel 4.3). → Verifizierung Hypothese B
- Mittels Datenmodellierung und explorativen Datenanalysen in Schritt 3 (Kapitel 4.4) konnten die erforderlichen statistischen Auswertungen vorgenommen werden, die sich explizit mit den Hypothesen C und D befassten und diese zum Teil belegten. → Verifizierung Hypothese C

- In Schritt 4 erfolgt die Evaluation der Datenanalysen und deren Interpretation als methodische Basis für das weiterführende 'Pattern Mining'.

Die nachfolgende Tabelle (siehe Tabelle 4.12) stellt hierzu die wesentlichen Analyseergebnisse mit Bezug zu den entsprechenden Forschungshypothesen übersichtlich zusammen.

#	Ordnung	Faktor	Fokus	Erkenntnis	Bezug Hypothese
1	primär	Co-Evolution	System	enger Bezug zwischen urbanen Systemen (Sektoren)	A
2	primär	UI-Geschwindigkeit ρ	UI	Deutliche Korrelation von Zeit und Diffusionsdauer	B
3	primär	UI-Faktor ϕ	Stadt	Deutliche Rangfolge von Städten bei UI-Leistung	C
4	sekundär	Kontextfaktoren k	Stadt	Korrelationen erkennbar für mehrere Kontextfaktoren k_{1-8}	D
5	sekundär	Stadtgröße G	UI	signifikante Verläufe entlang Stadtgrößen	C
6	sekundär	Reichweite R	UI	signifikante Diffusionen in weitere Länder (=Regimes)	D
7	sekundär	Diffusionsintervall D	UI	einheitliche Metrik für Diffusionsdynamiken	B
8	tertiär	Strong Links	Stadt	wenige dominante Links, die 12,1% aller 1-2-Diffusionen ausmachen	D
9	tertiär	Entropie	System	immer mehr Städte bringen Nr.1-Innovationen hervor	C
10	tertiär	Zeit	System	Gesamtsystem und Gewichtung von Knoten verändert sich über Zeit	A

Tabelle 4.12: Übersicht der zentralen Metriken und Erkenntnisse in den Datenbanken

Entlang einer Priorisierung von primären, sekundären und tertiären Merkmalen können bisher insgesamt zehn Erkenntnisse als 'valide, neuartige potenziell nützliche und schließlich verständliche Datenmuster' beschrieben werden [Fayyad, 1996]. Hierbei finden sich auch zwei Datenmuster (#8 und #9), die in der weiteren Dokumentation aus Platzgründen nicht näher behandelt und dafür nachfolgend kurz skizziert werden, da sie ebenso potenziell nützliche Informationen (z.B. als weiteren Forschungsbedarf) beinhalten:

- *Strong links vs. weak ties* (#8) - In dem gesamten UI-Netzwerk von Städten existieren einige wenige 'starke Verbindungen' zwischen Innovator- und Adopter-Städten (D_{1-2}), beispielsweise zwischen London \rightarrow Paris als häufigste ($V = 6$) und London

→ New York City als zweithäufigste Verbindung ($V = 4$). In Bezug zu soziometrischen Theorien legt dies die Vermutung nahe, dass die Rolle von 'weak ties' (die den Großteil aller Verbindungen ausmachen) zwischen Städten bei der Innovationsdiffusion wichtiger sein könnte, als die der etablierten starken Verbindungen [vgl. Granovetter, 1973].

- *Entropie (#9)* - Eine Nebenauswertung der Anzahl von Nr.1-Städten über Zeit zeigt den klaren Trend auf, dass in jedem neuen Zeitintervall mehr Städte als zuvor Innovatoren sind und damit eine hohe UI-Leistung erbringen. Somit steigt rechnerisch die 'Chancengleichheit' für urbane Innovationen in Zukunft, und es ist anzunehmen, dass neben den etablierten Städten in den überwiegend entwickelten Industrienationen zukünftig neue weitere Innovatoren (z.B. der südlichen Hemisphäre oder Klein- und Mittelstädte) hinzukommen werden.

Zur Überprüfung der Hypothese E wurde aufgrund der anderen Herangehensweise (qualitativ-induktiv) ein zusätzliche Prozesskomponente (siehe Schritt 5) eingefügt, die durch mehrere Evaluationsschritte (siehe Kapitel 6) ergänzt wird. Dies ist methodisch vorteilhaft, da durch die ggü. dem CRISP-DM-Modell erweiterte Methodik ('Pattern Mining' als Ergänzung zu 'Data Mining') nicht nur eine notwendige Überprüfung der Hypothese E, sondern zudem eine hinreichende Qualifizierung der vermuteten Muster möglich ist.

4.5.2 Prozessrückblick und Ausgangsbasis für Mustersprache

Der zugrundeliegende Ansatz für musterbasierte Wissensentdeckung ist in der Retrospektive und Praxis kein neuer, sondern ein impliziertes Prinzip von zukunftsgerichteter Stadtentwicklung, dem sich Städte und Stadtstrukturen bereits in der Vergangenheit bedient haben [Braun, 2021]. Dies zeigen die eingangs skizzierten Beispiele wie Eixample/Barcelona oder Edo/Tokio auf. Nachgewiesen wurde hierbei, dass manche Städte sich diesem Ansatz gezielter bedienen als andere, dass diese Merkmale mit einem KDD-Prozess empirisch zu ermitteln und als Metriken messbar sind. Dabei spielt eine Vielzahl von Einflussfaktoren eine Rolle, die entscheidend sein können für die anstehende Transformation hin zu klimaneutralen Städten in weniger als drei Jahrzehnten [ebd.].

Wie bereits erwähnt, erfolgte die explorative Datenanalyse auf verhältnismäßig unvollständigen Datensätzen, die sich auf die Frühphasen von urbanen Innovationen bezogen (vgl. Diffusionsintervall D_{1-5}) und eine Auffindbarkeit in der Literatur voraussetzten. Dennoch konnte rückblickend auf Basis dieser Empirie eine hinreichende Auseinandersetzung mit den forschungsleitenden Hypothesen erfolgen. Auch die eingangs definierten funktionalen Anforderungen für eine resultierende Mustersprache (siehe Kapitel 3.1) wie Einfachheit in der Nutzung, transdisziplinäre Anwendbarkeit, evidenzbasierte Grundlagen, quantitativ-qualitative Forschungsmethoden und die Erweiterbarkeit durch Dritte können damit erfüllt werden.

4.5.3 Zusammenfassung - Schritt 4

In der bisherigen Methodenanwendung erfolgte im Schritt 4 die Zusammenführung und Interpretation der durchgeführten Datenanalysen und -auswertungen im Hinblick auf die eingangs definierten Forschungshypothesen. Hierbei wurden die bisherigen Ergebnisse in drei Kategorien bezüglich ihrer Relevanz gewichtet und in den Gesamtprozess zur musterbasierten Wissensentdeckung eingeordnet. Zusätzlich wurden die vorläufigen Ergebnisse und Interpretationen noch auf mögliche Konflikte zum bisherigen Wissensstand geprüft.

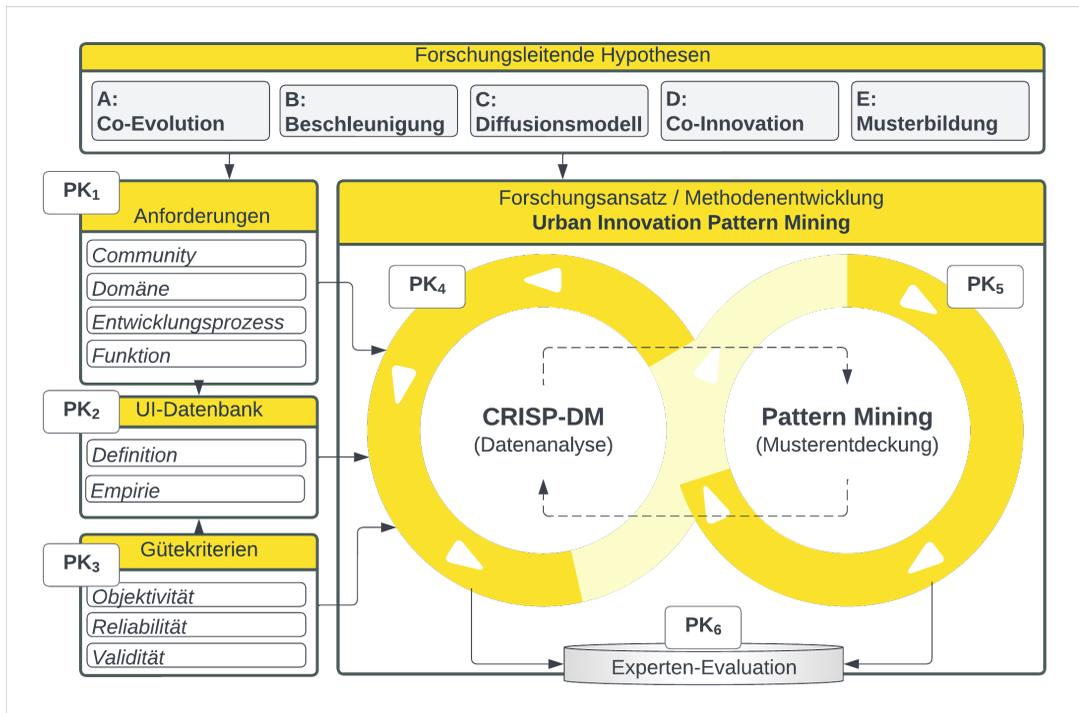


Abbildung 4.39: Urban Innovation Pattern Mining als methodischer Forschungsansatz

Die Grafik (siehe Abbildung 4.39) zeigt das bereits in Kapitel 3 eingeführte Rahmenkonzept als zentralen Forschungsansatz eines 'Urban Innovation Pattern Mining'. Bis zu diesem Schritt wurden dabei lediglich die Prozesskomponenten PK₁ bis PK₄ behandelt. In Ergänzung zu dem klassischen Modell des CRISP-DM werden in den folgenden Schritten die Prozesskomponenten PK₅ (Pattern Mining) und PK₆ (Experten-Evaluation) als Zyklus II eingeführt.

Somit stellt der folgende Schritt den Übergang zwischen der quantitativ-deduktiven Datenanalyse und der begleitenden qualitativ-induktiven Musterentdeckung für urbane Innovationsprozesse dar, welcher in den Kapiteln 5 und 6 vertieft wird.

4.6 Schritt 5: Ergebnisdarstellung der qualitativen Mustergenerierung

In diesem Schritt eines datenbasierten KDD-Prozesses werden die Ergebnisse in der Regel in einem Unternehmen angewendet. Das bedeutet beispielsweise das Wissen in ein anderes System weiterzugeben, oder eine Dokumentation der Ergebnisse anzufertigen [Beneker, 2017]. In dieser Arbeit erfolgt an dieser Stelle die Vorstellung der 'Rohfassungen' der Muster als Prototypen, die begleitend zu den explorativen Datenanalysen aus dem Datensatz extrahiert wurden. Dies stellt einen wichtigen Zwischenschritt der iterativen Mustergenerierung vor der finalen Experten-Evaluation und Fallüberprüfung (siehe Kapitel 5) dar. Die Darstellung der finalen Ergebnisse der Methodik ist aufgrund des Umfangs in dem eigenen Kapitel 6 dokumentiert.

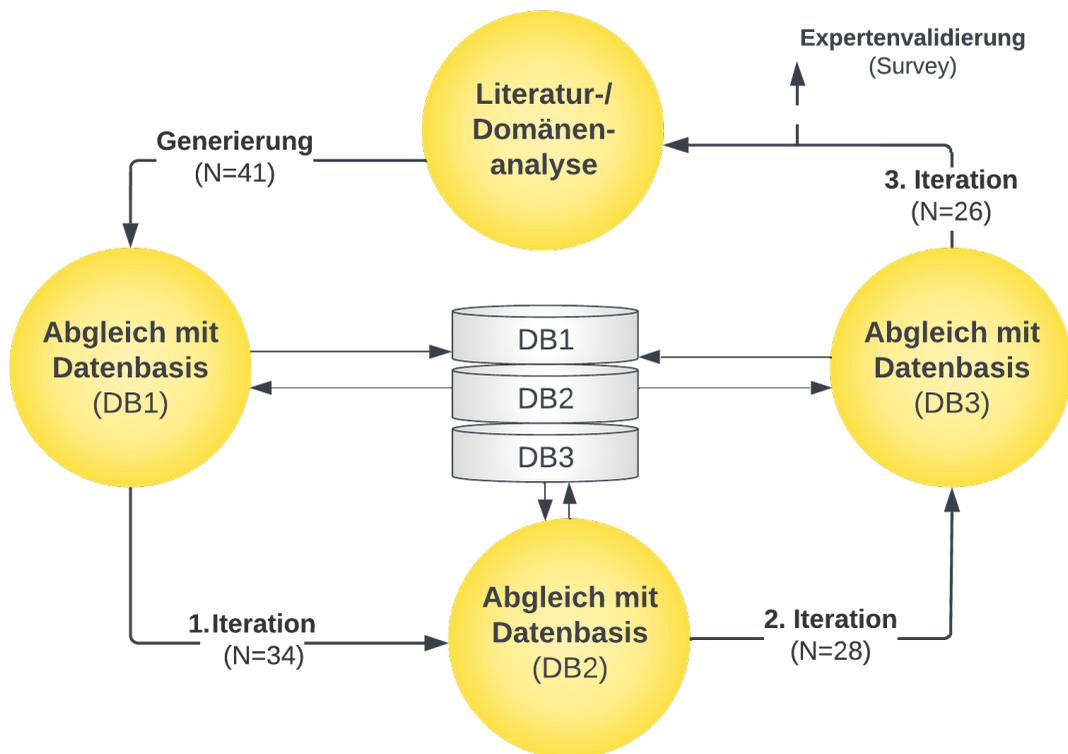


Abbildung 4.40: Iterationsschleifen zur Generierung des vorläufigen Muster-Sets

Zusammenfassend ist im Anhang (→ Anhang 10/Tabelle S) der nachfolgend beschriebene Generierungsprozess über die vier Phasen bis zur finalen Zuordnung in den späteren Klassen dargestellt. Das Schaubild (siehe Abbildung 4.40) visualisiert das gewählte iterative Vorgehen, welches als 'Urban Innovation Pattern Mining' (vgl. Kapitel

3) die datenbasierte Auswertung nach CRISP-DM begleitete und mehrere Überprüfungsschritte an bestimmten Zeitpunkten vorsah.

4.6.1 Ableitung erster Muster-Prototypen, N = 41

Zu Beginn der Mustergenerierung erfolgte die Erfassung wiederkehrender Merkmale primär mittels induktiver Methoden der Grounded Theory, die an dieser Stelle eine Ergänzung zur quantitativen und statistischen Datenauswertung darstellt. Da eine rein quantitative Auswertung über die statistischen Merkmale (vgl. Kapitel 4.3) hinaus keine tiefgehenden Erkenntnisse generieren konnte, wurde hier für die Mustergenerierung auf ein iteratives Forschungsvorgehen auf Basis der 'Grounded Theory' zurückgegriffen. Dies berücksichtigt zudem das Dilemma zwischen Datenquantität und -qualität aufgrund der vorgestellten Erhebungsmethodik der zugrundeliegenden Datenbasis [Baur, 2020].

Zielstellung war es dabei, 'versteckte' Muster wie eingangs als Forschungslücke formuliert (siehe Kapitel 2.5), zu identifizieren und als möglichst universelle Erfolgsfaktoren für urbane Innovationsdiffusion zu qualifizieren. Zuerst erfolgte eine initiale Auflistung bekannter Merkmale aus der erfolgten Literaturanalyse (z.B. 'Nischen'). Aus einer ersten Codierung und Zuordnung von diesen Konstrukten aus der Literatur (vgl. TRIZ, BMI-Muster, Rogers) und Abgleich mit vorliegenden Quellen wurde ein allererster Katalog an urbanen Innovationsmustern (UIP) mit 41 Einträgen erstellt. Beispielhaft nach dem Schritt 'Generierung' sind zu nennen:

- *Miniaturisierung von Funktionen* (z.B. Diffusion von Verkaufsautomaten, Mikrofabriken, Micro Smart Grids)
- *Alte Infrastrukturen neu interpretieren* (z.B. NYC.Link (Wifi-Kiosks als Ersatz für alte Telefonzellen), Highline NYC als Park auf ungenutzter Bahntrasse)

4.6.2 1. Iteration und Reduktion, N = 34

In einem zweiten Schritt (1. Iteration) erfolgte eine Überprüfung mittels theoretischem Sampling anhand der vorliegenden Datenbasis (DB₁) und eine logische Überprüfung anhand der definierten Leitfragen: Besteht damit eine wiederverwendbare Vorlage zur Problemlösung urbaner Innovationen und ist diese in einem praktischen Kontext einsetzbar? Hierbei wurden auch inhaltlich ähnliche Ansätze zusammengeführt wie das folgende Beispiel:

- Merkmal A - *Leistungsorientierte Leitlinien* (z.B. NYC Green Amendment Plan, Tokyo Water System, Stockholm e-Taxi)
- Merkmal B - *Deregulierung von Gesetzgebung* (z.B. SFPark, Smart Urban Services)
- = neues Bündel: *Anpassung des regulatorischen Rahmens* (mit Kombination beider Merkmale A+B)

Zusätzlich wurden aus dem Sampling weitere neue Aspekte synthetisiert, die in der Literatur nicht vorkamen. Beispielhaft sind zu nennen:

- NEU: *Städtische Ausschreibungen/Wettbewerbe* (z.B. Baulandpolitische Grundsätze Freiburg, Green Amendment Plan NYC)
- NEU: *Stadt als Gateway* (z.B. Singapur für den asiatischen Markt, Haßloch für Durchschnittskonsum)

Nach Abschluss der 1. Iteration wurden dabei neun Konzepte mit anderen zusammengelegt, vier neue zusätzlich identifiziert (z.B. Alpha-Unternehmen als Innovatoren) und zwei nicht weiter verfolgt. Damit lagen im zweiten Schritt 34 Einträge vor.

4.6.3 2. Iteration und Reduktion, N = 28

Für die 2. Iteration erfolgte ein weiterer Abgleich mit der statistischen Auswertung der DB2 sowie Stichproben ausgewählter Fallstudien. Beispielhaft ist hier die Erkenntnis aus der deskriptiven Datenauswertung der Stadt London als 'Urban Innovator' zu nennen, die im betrachteten Zeitraum weltweit an der Spitze liegt an pilotierten Innovationen. Aus dieser Evidenz heraus wurden die dort pilotierten Innovationen näher analysiert in Literatur und Fallstudien - hieraus wurden weitere potenzielle Muster identifiziert, zusammengeführt oder als nicht relevant bewertet.

Im Schwerpunkt wurden hierbei weniger neue Muster generiert, sondern primär 'transformiert' und weiter entwickelt. Am Ende der 2. Iteration lagen 28 Einträge vor, wovon zwei neu aufgenommen und acht vorherige zusammengelegt wurden. Zusätzlich wurden in diesem Schritt zur Nachvollziehbarkeit auch erste Kurzbeschreibungen der zugeordneten Eigenschaften und Praxisbezüge als Metadaten ergänzt. Beispielhaft ist hier zu nennen:

- Weiterentwicklung *Einbindung Privatwirtschaft zu lokale FuE-Abteilung vor Ort* (Relevanz unternehmerischer Forschung am Standort, z.B. Daimler für car2go in Ulm)
- Weiterentwicklung von *Stadt als Gateway* zu *Small Guinea Pig* (Rolle einer Kleinstadt als 'Testfeld')

Ab der 2. Iteration erfolgte eine Diskussion der Zwischenergebnisse in je einem Fokusgruppen-Workshop. Hierbei wurden die vorläufigen Muster vorgestellt, in ihren Grundzügen erläutert und anhand vordefinierter Leitfragen präzisiert. Methodisch basierte der Ablauf auf dem Konzept von 'Writer's Workshops' [Iba, 2011], bei dem die prototypischen Muster als Referenzpunkte a priori festgelegt sind.

4.6.4 3. Iteration und Reduktion, N = 26

In der 3. und letzten Iteration vor der quantitativen Experten-Evaluation erfolgte eine inhaltliche Reduktion auf 26 Muster, die bereits mit Kurztexten, analogen Begrifflichkeiten (Akronyme vergleichbar mit dem Periodensystem der Elemente) sowie einer

Wechselwirkungsanalyse (Cross-Impact-Matrix) zur Identifikation von Koexistenzen und Relevanz ergänzt wurden. Das nachfolgende Diagramm (siehe Abbildung 4.41) zeigt die schrittweise Reduktion bis zu diesem Zeitpunkt auf.

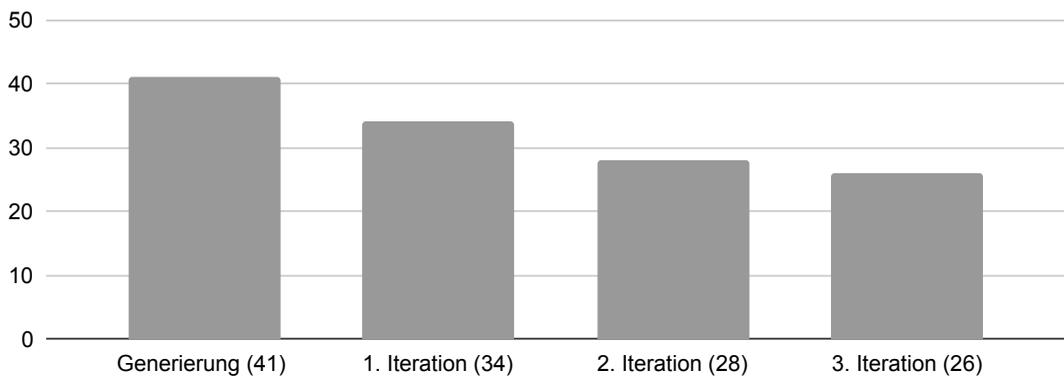


Abbildung 4.41: Iterative Reduktion und Schärfung des prototypischen Muster-Sets

Zusätzlich folgte an diesem Schritt eine logische Bündelung der finalen Muster entlang gemeinsamer Leitdimensionen. Beispielsweise weisen manche Muster eine starke Akteursorientierung auf, andere beziehen sich mehr auf räumliche Umgebungsbedingungen und einige technologische Eigenschaften. Die theoretische Zuordnung ergibt dabei fünf 'Klassen', die später in Kapitel 6 näher erläutert werden:

- Klasse 1: *konditionale* Muster (beziehen sich auf Umgebungsbedingungen)
- Klasse 2: *räumliche* Muster (beziehen sich auf räumliche Ausprägungen)
- Klasse 3: *relationale* Muster (beziehen sich auf akteursbezogene Ansätze)
- Klasse 4: *strukturelle* Muster (beziehen sich auf strukturbasierte Merkmale)
- Klasse 5: *operationale* Muster (beziehen sich auf Betrieb und Lebenszyklus)

Durch das begleitende und iterative Vorgehen im Rahmen der Methodenanwendung wurden kontinuierlich mögliche Inkonsistenzen oder Konflikte erkannt und konsequent entlang der forschungsleitenden Hypothesen ausgerichtet. An dieser Stelle kann festgestellt werden, dass viele der identifizierten Fakten oder Merkmale im Forschungsprozess, beispielsweise einzelne Erfolgsfaktoren innovativer Stadtprojekte aus den Fallstudien (DB₃) oder generelle Erkenntnisse aus der Literatur, sich bei kritischer Überprüfung in den vorliegenden Muster-Prototypen wiederfinden.

Unter Berücksichtigung des größtmöglichen Forschungsstands und wissenschaftlichen Standards wurde mit der iterativen Schärfung (theoretisches Sampling) ein Optimum

aus Informationsquantität und -qualität verfolgt, was mit der erfolgten Dokumentation von externen Überprüfungen durch Dritte nachvollziehbar sein sollte. Im nächsten Schritt kann auf dieser Basis ein kritisches Zwischenfazit zur eingeführten Methodenentwicklung und -anwendung für die musterbasierte Wissensgenerierung im Kontext urbaner Innovations- und Diffusionsprozesse erfolgen.

4.7 Zwischenfazit der musterbasierten Wissensentdeckung

Die in Kapitel 3 konzipierte Methode des kombinierten Urban Innovation Pattern Mining mittels explorativer Datenanalyse und begleitendem theoretischem Sampling möglicher UI-Muster konnte erfolgreich angewendet werden. Dabei stellte der KDD-Ansatz zur Wissensentdeckung in Datenbanken ein tragfähiges Rahmenkonzept dar, welches ausreichend Flexibilität ermöglichte.

Im Zuge der Methodenentwicklung und -anwendung wurden in Kapitel 4 die folgenden Zwischenergebnisse erzielt:

- Aufbau eines Problemverständnisses, einer Domänenstruktur und einer einheitlichen Definition (notwendiges Kriterium) für urbane Innovationen (Kapitel 4.1),
- Entwicklung von drei vernetzten Datenbanken für urbane Innovationen, die die empirische Grundlage des Prozesses darstellen (Kapitel 4.2),
- Datenqualitätsprüfung und -vorbereitung inklusive Ableitung wesentlicher Inputvariablen (Kapitel 4.3),
- Modellierung und explorative Auswertung der Daten sowie Ableitung wesentlicher Metriken und Kenngrößen des urbanen Innovationssystems (Kapitel 4.4),
- erfolgte Datenevaluation und -interpretation für die Überprüfung der forschungsleitenden Hypothesen (Kapitel 4.5)
- 'Entdeckung' und Schärfung von wiederkehrenden Mustern urbaner Innovations- und Diffusionsprozesse als 'Prototypen' (Kapitel 4.6).

Durch explorative und hypothesengestützte Auswertungen wurden unterschiedliche Aspekte identifiziert, die in der Retrospektive einen Einfluss auf die Diffusion von urbanen Innovationen im globalen Stadtsystem hatten [vgl. Braun, 2021]:

- In der Zerlegung der Stadtsysteme hinsichtlich ihrer sozio-technischen Evolution zeigen sich klare Einflüsse von technologischem Fortschritt auf Stadtentwicklung → Hypothese A.
- Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die UI-Geschwindigkeit ρ fast durchgängig beschleunigt und seit der Jahrtausendwende klassische Stadtentwicklungszyklen deutlich ($\rho_5 < 2$ Jahre in 2020) unterschritten. → Hypothese B.

- Das Modell von Rogers zur 'Innovationsdiffusion' in einem System ist in in hohem Maße auf Städte als 'Akteure' übertragbar → Hypothese C.
- Einige wenige Städte sind mit spezifischen Profilen für den Großteil urbaner Innovation (UI) und Diffusion der modernen Stadtentwicklung verantwortlich (z.B. wurden 25 der 135 betrachteten UI in London pilotiert; Berlin hat dagegen nur vier Pilotierungen, dafür aber die meisten Nr.2-Adaptionen (18)).
- Innovationsleistung und -dynamiken von Städten sind globale Prozesse, die nicht an Ländergrenzen oder regionalen Subsystemen haltmachen und über Kontinente hinweg reichen.
- Städte mit hohem UI-Faktor ρ sind nicht nur in einzelnen Sektoren (z.B. im Energiebereich) ausgeprägt, sondern meist sektorübergreifend stark (= systemisch). → Hypothese D (teilweise).
- Die Innovationsleistung einer Stadt ρ ist zeitlich veränderlich, allerdings für die TOP25-Städte in Summe relativ stabil (d.h. geringere Schwankungen gegenüber anderen Städten).
- Das Bevölkerungswachstum einer Stadt (Kontextvariable k_6) scheint (bei einem gewissen Entwicklungsgrad, d.h. primär in Industriestaaten) mit ihrer Innovationsleistung ρ zu korrelieren, d.h. mehr Stadtwachstum kann mehr Innovationsleistung bedingen.
- Zwischen einzelnen Städten bestehen nicht sichtbare Innovationspfade, die häufiger genutzt werden als andere (vgl. 'weak links' (#8)). Dabei spielen vermutlich auch sprachliche und politische Grenzen sowie wirtschaftliche oder kulturelle Beziehungen eine Rolle.
- Im Zuge der globalen Urbanisierung und Vernetzung entstehen demokratischere Strukturen für urbane Innovationen, d.h. mehr Befähigung für 'Underdogs' und kleinere Städte (vgl. 'Entropie' (#9)).
- Durch den Wechsel von einer sozio-technischen Ära in eine andere (z.B. Übergang von Industrialisierung zu Digitalisierung) erhalten auch Städte veränderte und neue Rollen, z.B. ist San Francisco das 'Labor' der Plattformökonomie im Silicon Valley, hatte allerdings keine Relevanz im Industriezeitalter [ebd.].

Die beschriebene Methodenentwicklung und -anwendung zur musterbasierten Wissensgenerierung in Datenbanken für urbane Innovations- und Diffusionsprozesse kann damit als praxistauglich und übertragbar betrachtet werden. Im anschließenden Kapitel 5 wird in Ergänzung zu den bisherigen Ergebnissen eine Validierung und Qualifizierung der bisher identifizierten Muster-Prototypen anhand mehrerer Schritte vorgenommen.

5 Evaluation und Organisation der Muster-Prototypen

Kapitel 5 dokumentiert die abschließende Validierung des zuvor erfolgten theoretischen Sampling von Muster-Prototypen, die iterativ aus dem Datensatz abgeleitet wurden. Dies umfasst die vorangestellte Identifikation möglicher kognitiver Verzerrungen bei der Erzeugung von Mustersprachen, eine mehrstufige Evaluation anhand confirmatorischer Überprüfung (A), Interdependenzanalyse (B) sowie einer online-basierten Expertenbefragung (C) mit $N = 51$ zur Messbarkeit von Plausibilität, Relevanz und Gestaltbarkeit der Muster. Zusätzlich werden exemplarische Indikatoren wie Distanz, Geschwindigkeit, Stadtgröße, Reifegrad und Streuung für jedes Muster eingeführt (D) und aus den Daten quantifiziert. Die nachfolgende Grafik (Abbildung 5.1) visualisiert den ebenfalls rekursiven Prozess über die dokumentierten Prozessschritte.

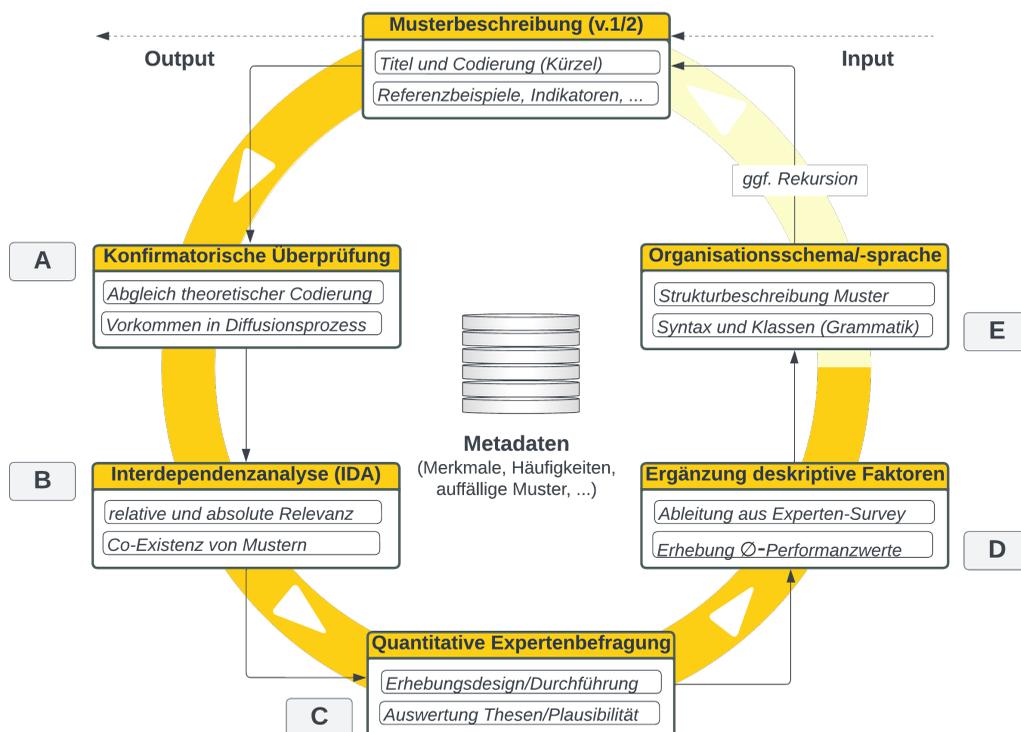


Abbildung 5.1: Qualifizierungsprozess bis zur Organisation als Metersprache - Zyklus II des Urban Innovation Pattern Mining (UIPM)

Mit diesen kombinierten Methoden kann eine notwendige Evidenz der einzelnen Muster-Prototypen im urbanen Innovationssystem nachgewiesen und qualifiziert werden. Hervorzuheben ist neben einer \emptyset -Plausibilität von über 79% und einer \emptyset -Gestaltbarkeit auf lokaler Ebene von 62% auch eine zukünftige \emptyset -Relevanz von fast +11% gegenüber heute. Dies lässt auf eine zunehmende Bedeutung der identifizierten UI-Muster als vielversprechende Lösungsansätze für adaptive Stadtsysteme in Zukunft schließen.

5.1 Berücksichtigung kognitiver Verzerrungen

Die im vorigen Kapitel eingeführten und definierten Muster-Prototypen sind im Weiteren gemäß wissenschaftlichen Kriterien zu evaluieren. Schelp schreibt hierzu im Kontext formaler Sprachen, dass die Evaluation von konzeptionellen Modellen die Beurteilung der jeweils verwendeten Modellierungssprache voraussetzt [Frank, 1998]. Allerdings sind im Unterschied zur Beurteilung konzeptioneller Modelle nur wenige Arbeiten zu verzeichnen, die auf die Evaluation korrespondierender Modellierungssprachen gerichtet sind. Die enge Beziehung, die ein Sprachentwickler i.d.R. zu seiner Sprache aufbaut, sowie der hohe Aufwand einer Sprachspezifikation führen häufig zu der Tendenz, an den eigenen Entwürfen um ihrer selbst willen festzuhalten [ebd.]. Denn im Unterschied zu wissenschaftlichen Theorien können Modellierungssprachen aufgrund der engen Verflechtung von Sprache, Denken und Handeln kaum falsifiziert werden [Kuhn, 2012]. Um diesem Umstand aktiv zu begegnen, wird nach Abgleich mit gängigen Forschungspublikationen ein mehrstufiges Verfahren [vgl. Hobscheidt, 2020] gewählt.

In einem ersten Schritt erfolgt hierzu eine konfirmatorische Musterüberprüfung in der vorliegenden Datenbasis. Ziel ist es, möglichst viele der Muster-Prototypen in den modellierten Diffusionsverläufen urbaner Innovationen retrospektiv zu belegen. In einem zweiten Schritt erfolgt zusätzlich eine expertengestützte und systematische Erhebung mit externen Expertinnen und Experten in der aktuellen Domäne der Smart-City-Entwicklung. Hierbei sollen die Kriterien Relevanz, Plausibilität, Signifikanz und Praktikabilität für jedes formale Muster überprüft werden. Diese basieren auf Vorschlägen zur Evaluierung von Entity Relationship Modellen (ERM) [vgl. Moody, 1994].

5.2 Schritt A: Konfirmatorische Überprüfung in Datenbank

In einem rekursiven Verfahren wurden die zuvor identifizierten Musterprototypen ($N = 26$) in der Datenbasis nachvollzogen. Hierzu wurde anhand der vorhandenen Profile und Datenquellen zu den Diffusionsverläufen je urbaner Innovation bis D_5 (erste Pilotierung bis zur fünften Stadt = 675 Datenpunkte) qualitativ untersucht, welche wiederkehrenden Muster eindeutig zuzuordnen sind. Da dieser konfirmatorische Schritt manuell erfolgte, wurde auf eine umfassendere Berücksichtigung der kompletten Datenbasis (1.682 Datenpunkte) verzichtet. Zudem galt der Fokus gemäß der Forschungshypothese E primär den frühen Diffusionsprozessen, die sich bis D_5 hinreichend abbilden lassen.

Das obige Diagramm (siehe Abbildung 5.2) zeigt das Ergebnis der konfirmatorischen Musterüberprüfung (x-Achse) über die ersten fünf Städte und die 135 Innovationsprozesse (y-Achse) entlang ihres zeitlichen Auftretens. Für jeden Diffusionsverlauf wurden mittels theoretischer Codierung denjenigen Merkmalen aus der Literatur die Muster-Prototypen zugeordnet, die einen positiven Einfluss in der Einführung bzw. Adoption der urbanen Innovation erkennen lassen.

Im Durchschnitt konnten für jeden Diffusionsverlauf 3,96 Muster identifiziert werden ('gemined'). Im geringsten Fall wurden nur zwei Muster, im höchsten Fall sieben einer UI zugeordnet. In 39,2% der Fälle konnten vier dominante Muster definiert werden.

Fallbeispiel 'Pattern Mining' für UI-41

Beispielhaft ist die methodische Kategorisierung für die urbane Innovation *elektrische Straßenbeleuchtung* (UI-41) zu nennen, die die folgenden Muster im Diffusionsprozess bis D₅ (Paris, New York, Philadelphia etc.) anhand bestimmter Merkmale aufweist:

- Never forget user experience (UEF) = Straßenbeleuchtung als Marketing für Stromnetz → Stadtbewohner konnten dies als neue Technologie persönlich erleben (Kriterium erfüllt).
- Backyards and Niches (BAN) = Christie Street (NYC) & Werkstatt von Edison als 'Nische' → Edison konnte seine Werkstatt und die davor liegende Straße als 'Hinterhof' nutzen (Kriterium erfüllt).
- Enterprise Innovation Push (EIP) = J. Swan und T. Edison als Unternehmer vor Ort → Die Erfinder nutzen ihre Rolle als lokale Entrepreneure und realisierten ihre Innovation jeweils 'vor ihrer Haustür' (Kriterium erfüllt).
- Familiar Re-Interpretation (FRI) = Jablotschkowsche Kerze auf Basis historischer Designs → Die ersten Straßenleuchten bedienten sich bekannter Produktgestaltungen, die gesellschaftlich vertraut waren (Kriterium erfüllt).
- Special Event Trigger (SET) = Einsatz auf der Weltausstellung 'Paris Exposition of 1878' → Die Veranstaltung präsentierte die urbane Innovation einem internationalen Publikum und stärkte den Innovationswettbewerb (Kriterium erfüllt).

Nach dem abgeschlossenen Mining-Prozess zeigt sich die Verteilung der Prototypen-Muster über den gesamten Erhebungszeitraum und alle 135 UI. Festzustellen ist, dass jedes der Muster in mehreren UI-Diffusionen nachgewiesen werden konnte: Das häufigste Aufkommen besteht bei Urban Life Quality (ULQ) mit N = 40 (29,6% aller UI), das geringste Aufkommen bei Found in Translation (FIT) mit N = 8 (5,9% aller UI). Alle Muster sind in mindestens zwei Intervallen, 55% sogar über alle Zeitintervalle (I - IV) vom 18. bis ins 21. Jahrhundert zu finden. Nur zwei der Muster sind seit 2000 (IV) nicht

mehr nachweisbar, ein Drittel nicht vor dem Jahr 1900 (I - II). Daraus lässt sich ableiten, dass sich manche UIP über Zeit verändern und andere universell gültig sein könnten.

Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 5.3) gibt die absolute Häufigkeit der Musterzuordnungen über die definierten Zeitintervalle wieder:

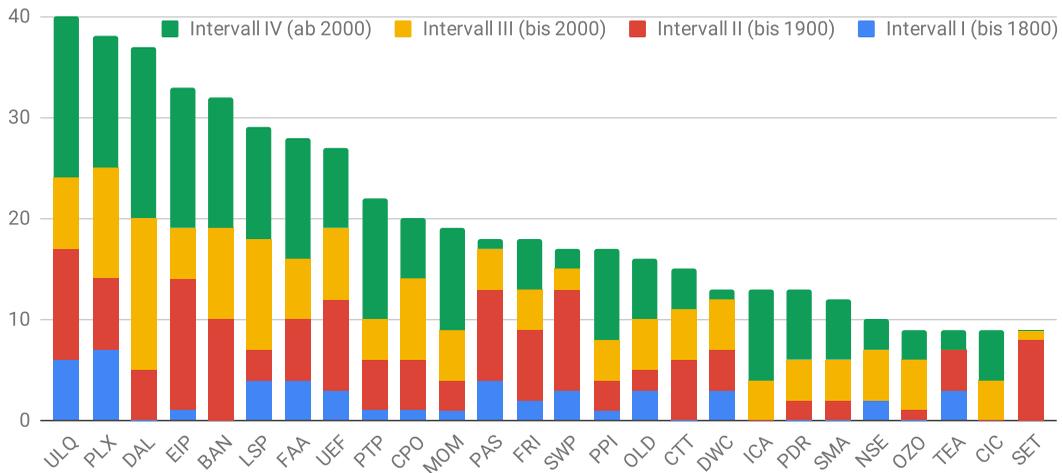


Abbildung 5.3: Häufigkeit (absolut) der einzelnen UI-Muster über Zeitintervalle

5.3 Schritt B: Interdependenzanalyse (IDA)

Im nächsten Schritt soll neben der grundsätzlichen evidenzbasierten Validierung eine Klärung der Interdependenz zwischen den UIP erfolgen. Interdependenz beschreibt eine wechselseitige Abhängigkeit zwischen einzelnen Maßnahmen oder Mustern [Hillebrand, 2016]. Die Interdependenzanalyse (IDA) macht Beziehungen zwischen Zielen untereinander transparent. Da eine Nutzwertanalyse nur 'eindirektionale' Beziehungen bewerten kann, beleuchtet die IDA unterschiedliche Interdependenzen, d.h. die Beziehungen der Ziele, in diesem Fall der UIP, untereinander [ebd.].

Eine weitere Hypothese zur Qualifizierung ist nachgewiesen, wenn die Muster nicht einzeln in urbanen Innovationsprozessen bestehen, sondern in unterschiedlicher Häufigkeit und Kombination auftreten. Das zuvor eingeführte 'Pattern Mining' lässt vermuten, dass ebenso zwischen den Mustern weitere Muster als Interdependenzen bestehen. Hierzu wird mittels einer Einflussmatrix [Schwarz, 2013] untersucht, welche relative und absolute Relevanz die einzelnen Prototypen einnehmen. Als Leitfrage wurde definiert, wie häufig die Muster gleichzeitig in denselben UI-Prozessen (also von Node₁ bis Node₅) auftauchen. Hierbei bestätigt sich die Annahme, dass eine Hierarchie und innere Ordnung zwischen den Mustern besteht. Die häufigste Kombination zweier Muster findet

5 Evaluation und Organisation der Muster-Prototypen

sich beispielsweise zwischen PLX und UQI mit N = 15 Koexistenzen und somit in 11,1% aller Innovationsprozesse.

Das bedeutet, dass in knapp 40% aller UI-Diffusionen mit starker kommunalpolitischer Fachexpertise (PLX) auch ein Merkmal zur Verbesserung städtischer Lebensqualität (UQI) besteht. Ähnlich stellt es sich bei Mustern wie DAL und EIP mit N = 11 Koexistenzen dar, wo über 30% des Vorkommens des EIP-Musters durch das DAL-Muster begleitet wurden. Die nachfolgende Matrix (siehe Abbildung 5.4) zeigt den Methodenschritt auf:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Interdependenzanalyse (Wie häufig tauchen Muster in Innovationsprozessen mit anderen Mustern auf?)	Political Leadership Expertise [PLX]	Citizen Crowdfunding [CIC]	Combine two technologies [CTT]	District as Laboratory [DAL]	Don't waste a good crisis [DWC]	Enterprise Innovation Push [EIP]	Familial Re-Interpretation [FRI]	Free Access for All [FAA]	Innovation culture + agencies [ICA]	Backyards and Niches [BAN]	Choke Point Opportunity [CPO]	Local Science Push [LSP]	Modular Matroschka [MOM]	New Spatial Expansion [NSE]	Old Legacy Detachment [OLD]	One Zero Off [OZO]	Paradigm Shifting [PAS]	Small willing guinea pig [SMA]	Performative De/Regulation [PDR]	Power to the people [PTP]	Public-Private Innovation Partnership [PPI]	Special Event Trigger [SET]	Start with Premium [SWP]	Technology Evolution Anticipation [TEA]	Urban Quality Improvement [UQI]	User experience first [UEF]	
1	Political Leadership Expertise [PLX]	2	1	11	6	8	3	5	6	5	6	8	2	7	4	3	5	5	2	5	6	2	1	2	14	4	123
2	Citizen Crowdfunding [CIC]	2	1	1	2	0	3	1	3	3	2	0	0	1	1	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	2	30
3	Combine two technologies [CTT]	1	1	6	0	3	3	0	0	6	2	6	0	1	1	1	3	1	0	0	1	3	1	2	2	4	48
4	District as Laboratory [DAL]	10	2	5	1	11	3	10	3	11	5	5	2	4	2	1	2	5	4	4	6	0	4	1	11	8	120
5	Don't waste a good crisis [DWC]	6	2	0	2	2	1	2	1	0	1	0	1	1	1	2	1	1	1	3	2	0	0	2	2	2	36
6	Enterprise Innovation Push [EIP]	9	0	3	11	2	6	10	3	6	1	5	3	3	2	1	3	5	5	1	4	5	6	4	13	4	115
7	Familial Re-Interpretation [FRI]	3	4	3	3	1	6	1	1	1	1	4	3	1	2	0	1	1	2	2	2	1	3	1	3	2	52
8	Free Access for All [FAA]	5	1	0	11	2	9	1	4	4	3	1	5	1	1	1	1	5	1	3	4	1	3	0	10	8	85
9	Innovation culture + agencies [ICA]	6	3	0	2	1	3	1	4	3	0	3	1	3	1	1	0	1	0	6	3	0	0	1	3	0	46
10	Backyards and Niches [BAN]	5	3	5	11	1	7	2	4	3	7	9	3	2	5	1	1	3	1	8	2	2	4	1	8	5	103
11	Choke Point Opportunity [CPO]	6	2	2	5	0	1	1	3	0	7	3	2	1	2	3	2	2	2	3	2	1	1	1	4	5	61
12	Local Science Push [LSP]	7	0	6	5	1	5	4	1	3	9	3	5	2	4	1	6	2	3	5	4	0	2	1	6	4	89
13	Modular Matroschka [MOM]	3	0	0	2	0	3	3	5	1	3	2	5	1	1	3	3	2	4	3	2	2	1	1	3	7	60
14	New Spatial Expansion [NSE]	7	1	1	3	1	3	1	1	3	2	1	2	1	2	0	0	0	0	0	5	0	1	2	1	1	39
15	Old Legacy Detachment [OLD]	5	1	1	3	1	2	2	1	1	5	2	4	1	2	0	3	1	2	2	0	0	0	2	8	1	50
16	One Zero Off [OZO]	3	0	1	1	1	1	0	1	1	3	1	3	0	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0	2	2	30
17	Paradigm Shifting [PAS]	5	0	3	4	2	4	1	1	0	1	2	6	3	0	2	1	1	2	1	1	3	2	3	4	1	53
18	Small willing guinea pig [SMA]	4	0	1	5	1	5	1	4	1	3	2	3	0	0	1	2	1	1	2	1	1	0	1	2	3	45
19	Performative De/Regulation [PDR]	2	1	0	5	1	3	2	2	0	1	4	3	3	0	2	3	3	1	2	0	0	1	1	2	2	44
20	Power to the people [PTP]	6	4	0	3	3	1	2	3	6	8	3	5	3	0	2	2	1	2	3	4	0	1	0	5	5	72
21	Public-Private Innovation Partnership [PPI]	6	3	0	4	3	4	2	4	3	2	2	4	2	5	0	1	1	1	0	4	1	0	0	3	4	59
22	Special Event Trigger [SET]	2	0	3	3	0	4	2	2	0	2	1	0	2	0	0	3	1	0	0	1	2	1	3	3	35	
23	Start with Premium [SWP]	1	0	1	5	1	6	2	4	0	4	1	2	1	1	0	0	2	0	1	1	0	1	4	6	45	
24	Technology Evolution Anticipation [TEA]	1	0	2	1	2	4	1	0	1	1	0	1	1	2	2	0	3	1	1	0	0	1	0	1	1	27
25	Urban Quality Improvement [UQI]	15	0	2	12	2	12	3	10	3	7	4	6	4	1	7	2	4	2	1	4	4	3	5	1	7	121
26	User experience first [UEF]	2	2	4	11	1	4	2	8	0	5	5	4	7	1	1	2	2	4	2	5	4	3	5	1	6	91
		122	32	45	130	36	111	52	87	47	101	62	91	57	40	46	30	53	49	42	70	62	30	43	30	120	91

Abbildung 5.4: Interdependenz-Matrix der Muster-Prototypen zur Koexistenz in Innovationsprozessen (Aktiv-Passiv-Summen)

Aus der Addition der Aktiv- und Passivsumme ergibt sich dabei der Grad der Zentralität als Indikator für jedes UIP. Analog zur sozialen Netzwerkanalyse (SNA) in der empirischen Sozialforschung gibt er die zentrale oder periphere Lage eines Knoten im

Gesamtsystem wieder. Je höher der Grad der Zentralität ist, desto häufiger ist ein Muster (UIP) mit anderen vernetzt. UIP mit vielen häufigen Beziehungen liegen damit eher im Zentrum, UIP mit wenigen Beziehungen eher am Rand (siehe Abbildung 5.5).

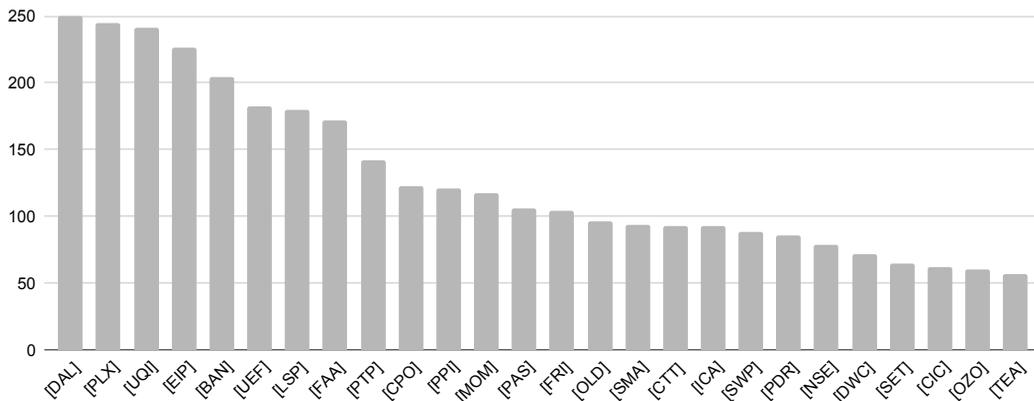


Abbildung 5.5: Ergebnisse der IDA aller UIP (y-Achse mit Aktiv-Passiv-Summe)

Aus dieser Analyse lässt sich eine signifikante Hierarchie feststellen, wie die Muster Einfluss auf urbane Innovations- und Diffusionsprozesse haben. Diese Gewichtung wird in der weiteren Musterqualifizierung berücksichtigt. Das folgende Schaubild (siehe Abbildung 5.6) visualisiert das resultierende Netzwerk der UIP:

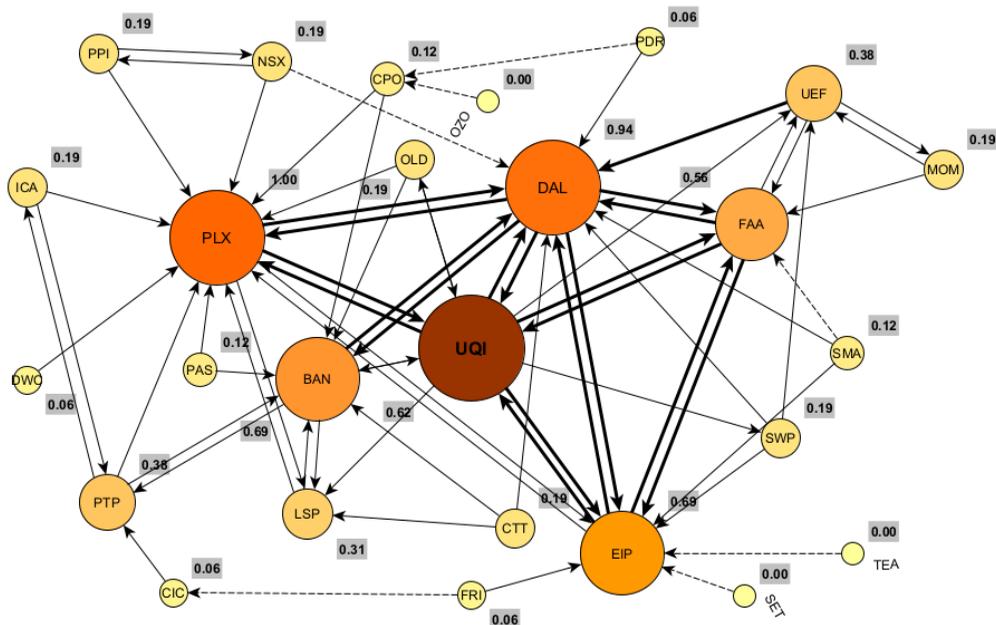


Abbildung 5.6: Netzwerkanalyse der Muster mittels yEd (Kanten ab 5 Vernetzungen)

Einschränkend ist hierbei zu bemerken, dass eine starke Korrelation von absoluter Häufigkeit eines Musters im gesamten Zeitintervall und dem Grad der Zentralität vorliegt ($R^2 = 0,973$). Dies bedeutet, je häufiger ein Muster absolut zu finden ist, desto wahrscheinlicher ist auch eine hohe Zentralität. Zur Korrektur dieser Verzerrung wird der Quotient der normierten Werte von relativer Zentralität und relativer Häufigkeit gebildet (siehe Abbildung 5.7). Diese gibt eine Normalverteilung wieder, bei denen knapp 70% der Werte in einem Intervall von +/-10% liegen. Signifikant unterhalb liegen die unterproportionalen Muster DWC (88%) und SWP (78%), oberhalb finden sich die überproportionalen Muster CIC (110%), PPI (114%), ICA (115%), NSE (115%), SET (116%) sowie SMA (125%).

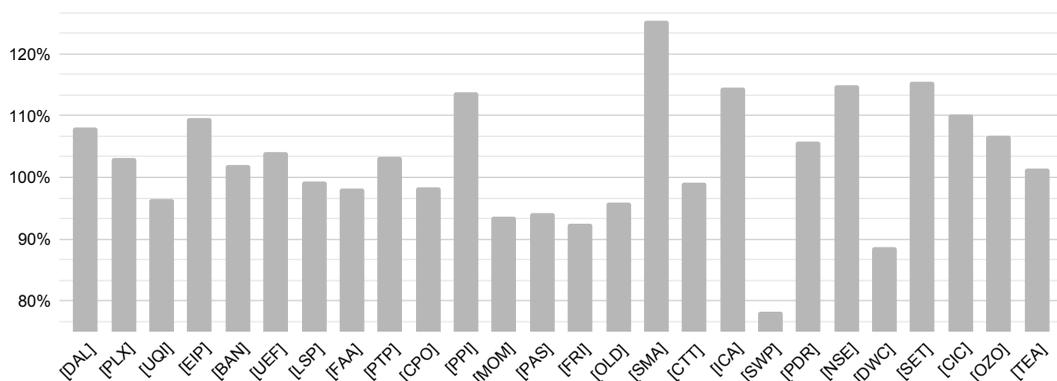


Abbildung 5.7: Quotient aus relativer Zentralität und Häufigkeit aller UIP

Die letztgenannten weisen somit trotz relativ geringerer Häufigkeit eine relativ höhere Vernetzung mit anderen Mustern auf, wie das folgende Diagramm (siehe Abbildung 5.7) veranschaulicht. Hier ist beispielsweise das Muster SMA signifikant, welches trotz eher geringer Häufigkeit (12) eine überproportionale Zentralität (125%) aufweist. Umgekehrt 'performt' das Muster SWP bei mittlerer Häufigkeit (18) unterdurchschnittlich (78%).

5.4 Schritt C: Quantitative Expertenbefragung

5.4.1 Erhebungsdesign und Durchführung

Neben der datenbasierten und explorativen Identifikation der Muster soll in einem weiteren Schritt eine expertengestützte Verifikation erfolgen, die gleichzeitig die Anwendungs- und Praxisrelevanz überprüft. Hierzu wurde methodisch ein online-basiertes schriftliches Erhebungsdesign mittels vierteiligem Fragebogen konzipiert, womit insgesamt 157 nationale Expertinnen und Experten aus Forschung, Wirtschaft, Kommunen und Zivilgesellschaft schriftlich kontaktiert wurden. Zusätzlich wurde ein Aufruf an wei-

tere Expertinnen und Experten über soziale Medien (v.a. LinkedIn) formuliert. Als Rückmeldefrist wurde der Zeitraum von 15. November bis 15. Dezember 2022 festgelegt.

Auch wenn individuelle Experten-Interviews eine höhere Flexibilität und persönliche Interaktion erlaubt hätten, wurde das Ziel eines (verhältnismäßig) breiten, anonymisierten und standardisierten Vorgehens gewählt. Der Rücklauf an auswertbaren Fragebögen sollte ein $N > 50$ zur hinreichenden statistischen Berücksichtigung aufweisen.

Aufgrund der themenspezifischen Fragestellungen zur Validierung von Innovationsmustern als neuartiger Ansatz wurden die Experten im Vorfeld hinsichtlich ihrer möglichen Eignung identifiziert. Präferiert wurden dabei Expertinnen und Experten, die praktische Erfahrungen in der Konzeption, Entwicklung und Umsetzung einer urbanen Innovation (z.B. ein neuartiges Fußgängerleitsystem im öffentlichen Raum) vorweisen können oder eine Pilotierung oder Replikation wissenschaftlich begleitet haben. Auf klassische soziodemografische Basismerkmale wurde in der Stichprobe aufgrund des Fokus auf Fachexpertise verzichtet, einzig die fachliche Zuordnung und Selbsteinschätzung der eigenen Expertise wurden hierzu anonymisiert abgefragt.

Mittels eines vorangegangenen Pre-Tests ($N = 8$) wurden inhaltliche Präzisierungen vorgenommen und fachliche Hinweise zu den Musterbeschreibungen und Bewertungsskalen vor Versand berücksichtigt.

Fragebogen-Design

Das Fragebogen-Design war wie folgt strukturiert und umfasste insgesamt 37 Fragestellungen, davon 3 offene und 34 geschlossene Abfragen:

- Teil I: Persönliche Angaben zu Expertise und Praxis - 7 Fragen
- Teil II: Einleitende Thesen zu urbanen Innovationen - 4 Fragen
- Teil III: Evaluation urbaner Innovationsmuster (1-13) - 13 Fragen
- Teil IV: Evaluation urbaner Innovationsmuster (14-25) - 13 Fragen

Im Hauptteil wurden die 25 Muster-Prototypen jeweils mit einer ausformulierten Kurzbeschreibung und ausgewählten Beispielen eingeführt und hinsichtlich der messbaren Variablen in mehrstufigen Skalen hinsichtlich des Grads von Zustimmung bis Ablehnung (0-100% in 20%-Schritten nach Likert) abgefragt:

- *A. Plausibilität* (Ist das Muster für Sie verständlich und nachvollziehbar?)
- *B1. Relevanz - heute* (Wie bedeutsam sehen Sie das Muster bisher?)
- *B2. Relevanz - Zukunft* (Wie bedeutsam sehen Sie das Muster in zehn Jahren?)
- *C. Gestaltbarkeit* (Wie bewerten Sie die lokale Beeinflussbarkeit, z.B. als Stadtverwaltung?)

Ebenso wurde in einer abschließenden Frage per Freitext die Möglichkeit gegeben, fehlende Muster oder weitere Hinweise zu formulieren. Die Bearbeitungsdauer wurde auf Basis des Pre-Tests mit 25-35 Minuten (je nach Kenntnisstand) angesetzt.

Methodische Einordnung und notwendige Bedingungen

Methodisch stellt die gewählte Expertenerhebung einen zusätzlichen Qualitätssicherungsschritt zu Ibas Methode der 'Writer's Workshops' für eine praxisorientierte Musterbeschreibung [vgl. Iba, 2011] dar. Da Mustersprachen sich bisher meist aus einer kleinen Gruppe von Experten und subjektiven Erfahrungen speisten [vgl. Gamma, 1994], sollten hier mittels schriftlicher Befragung für die Domäne eine größere Stichprobe (an Experten) und eine stärkere Objektivierung durch standardisierte Skalen resultieren.

Die folgende Grafik (siehe Abbildung 5.8) stellt an dieser Stelle nochmal die methodische Einordnung zur relevanten Fachliteratur dar:

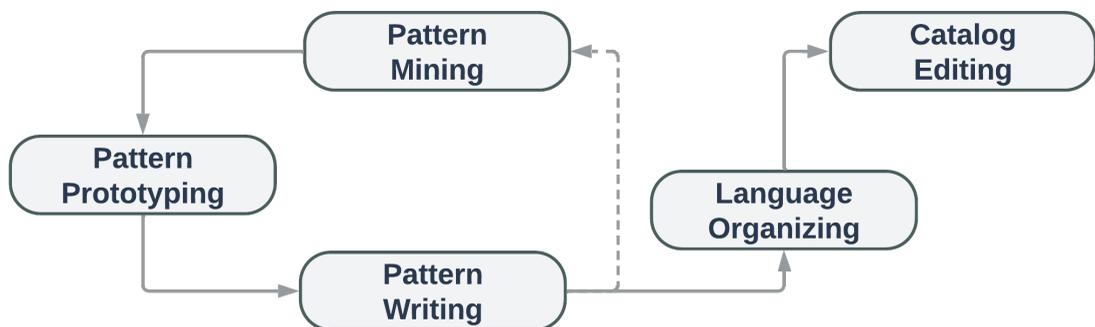


Abbildung 5.8: Einordnung in Prozess der Mustergenerierung [vgl. Iba, 2011]

Das Validierungsziel wurde vor Beginn so festgelegt, dass jedes der Muster im Durchschnitt eine mindestens 50%-ige Bewertung als notwendige Bedingung bei den Variablen 'Plausibilität' (A) und 'Relevanz - heute' (B₁) erhalten muss, um als gültiger Bestandteil der finalen Mustersprache zu fungieren.

Die weiteren Variablen werden als hinreichende Bedingungen definiert: Eine geringe Ausprägung der Variable 'Relevanz - Zukunft' (B₂) würde bedeuten, dass das Muster prinzipiell gültig wäre, aber keine echte Relevanz mehr für zukünftige Innovationsprozesse darstellt. Eine geringe Ausprägung bei der Variablen 'Gestaltbarkeit' (C) würde bedeuten, dass das Muster durchaus von Bedeutung wäre, aber kaum aktiv auf lokaler Ebene gestaltbar oder beeinflussbar ist. Muster-Prototypen, die eine unzureichende Bewertung erhielten, wurden damit nicht berücksichtigt. Das Erhebungsdesign und die vollständige Übersicht der Expertenbewertungen befinden sich im Anhang (→ Anhang/Erhebungsdesign).

5.4.2 Auswertung der Befragungsergebnisse

Nach Abschluss der Erhebungsphase liegt ein $N = 51$ vor, welches damit im Rahmen der zu Beginn avisierten Stichprobengröße liegt. Dadurch, dass die Erhebung neben der persönlichen Kontaktaufnahme von 157 Expertinnen und Experten auch über das soziale Business-Netzwerk LinkedIn geteilt wurde, kann eine genaue Rücklaufquote nicht erhoben werden. Bei Annahme einer erwarteten maximal einstelligen Teilnahme über das Online-Posting läge die Rücklaufquote oberhalb von 26,7%, was angesichts des Umfangs und des Anspruchs des Erhebungsdesign einen zufriedenstellenden Wert darstellt.

Da nur vollständige Fragebögen gewertet wurden, ist keine Abbrecherquote außerhalb der 51 Datensätze erkennbar. Von diesen sind 88% (45) vollständig ausgefüllt und 12% (6) unvollständig, wobei dies gemäß Ausgangsdefinition kein notwendiges Kriterium darstellte. 17 Teilnehmende haben zusätzlich zu den festgelegten Fragestellungen das Freitextfeld für weitere Einschätzungen und Feedback genutzt.

Teil I - Persönliche Angaben zu Expertise und Praxis

Dieser einführende Abschnitt enthielt 4-7 Fragen zur persönlichen Zuordnung des Teilnehmenden, dem kommunalen Bezug, der eigenen Expertise und eigenen Angaben zu einem beispielhaften Innovationsprojekt (z.B. zu nachhaltige Stadt, Smart City, Mobilität). Die Abfrage erfolgte anonym und die Zusammensetzung der Teilnehmenden stellt sich (Frage 1) wie folgt dar: 63% Vertreter aus Wissenschaft, 22% Vertreter aus Wirtschaft, 8% Vertreter der Verwaltung und 8% Sonstige. Dies spiegelt auch die Verteilung der kontaktierten Experten grob wider. Der Praxisbezug der befragten Experten (Frage 2) liegt dabei in einem breiten Spektrum: 2% haben bisher mit oder in keiner Stadt zusammengearbeitet, 41% in oder mit 1-5 Städten, 22% in oder mit 6-10 Städten, 18% in oder mit 11-20 Städten, 8% in oder mit >20 Städten und weitere 10% sogar mit oder in >50 Städten. Somit besteht bei 57% der befragten Experten eine mittlere bis hohe Praxiserfahrung mit mehr als fünf Anwendungsfällen oder Städten.

Dies zeigt eine hohe Konsistenz mit der Selbsteinschätzung der theoretischen und praktischen Kenntnisse (Frage 3), die auf einer Skala von 0-6 im Mittelwert bei 4,31 liegt. Dabei haben 49% ihre Expertise oberhalb des Medians (5-6) und 20% unterhalb des Medians (2-3) bewertet. Die Standardabweichung beträgt hier 1,07. Weiterhin gaben 78% an (Frage 4), bei der Gestaltung oder Umsetzung (nach ihrer Einschätzung) von mindestens einer urbanen Innovation in Forschung oder Praxis beteiligt gewesen zu sein. 6% haben dies verneint und 16% waren sich unsicher.

Bei der Frage nach Referenzprojekten bei der Einführung urbaner Innovationen (Frage 6) gaben 54% an, sich dabei an bestehenden Beispielen von anderen Städten im In- oder Ausland orientiert zu haben. Gut einem Drittel (32%) waren zum Zeitpunkt der Einführung keine Referenzbeispiele bekannt, 15% waren sich unsicher. Die Fragen 5 und

7 in diesem Block dienten der Konkretisierung der eigenen Erfahrungen von urbanen Innovationen (z.B. Digitaler Zwilling bei Bürgerbeteiligung (ID6)) und der Angabe der jeweiligen Stadt oder Städte (für ID6 in der Stadt Herrenberg). Diese Angaben werden zu einem späteren Zeitpunkt näher betrachtet.

Teil II - Einleitende Thesen zu urbanen Innovationen

Dieser Abschnitt enthielt drei geschlossene Fragestellungen mit insgesamt acht Aspekten zum Status Quo urbaner Veränderungsprozesse, zu Mustern als Gestaltungsansatz und zu möglichen Potenzialen. Eine wichtige Frage zur Kalibrierung der gesamten Erhebung betraf die Bewertung des Status Quo im Umgang mit urbanen Innovationen und nach den entsprechenden Instrumenten in der kommunalen Praxis (Frage 8): Hier gaben nur 11,8% den Umgang mit 'eher positiv' an, während 45,1% 'teils/teils' und 43,1% 'eher negativ' oder 'unzureichend' bewerteten. Dies bestätigt weitgehend die eingangs identifizierte Forschungslücke, die feststellte, dass hierfür wesentliche Erkenntnisse sowie Werkzeuge fehlen.

Aufbauend auf der Bewertung des Status Quo wurde die These formuliert, dass urbane Innovationen, d.h. die Einführung, Adaption und Diffusion im globalen Stadtsystem wiederkehrenden Merkmalen oder Erfolgsfaktoren (=Mustern) unterliegen (Frage 9). Dabei bewerteten zusammen 86,1% der Experten dies mit 'eher wahrscheinlich' oder 'sehr wahrscheinlich' (47,1%). Umgekehrt bewerteten nur 4% diese wiederkehrenden Muster als 'eher unwahrscheinlich' oder 'sehr unwahrscheinlich'.

Als Unterkonstrukt der allgemeinen Bestätigung von Mustern für urbane Innovationen wurde abgefragt (Frage 10), welche Vorteile sich in der Operationalisierung solcher Muster ergeben und welche folgenden Ziele damit besser erreicht werden könnten:

- nachhaltige Stadtentwicklung und Klimaschutzziele
- schnellere Adaptionen- und Innovationsgeschwindigkeit
- mehr Kooperation und Co-Innovation mit anderen Städten (Voneinander lernen)
- effizientere Abläufe/Prozesse im Stadtsystem
- Paradigmenwechsel (z.B. bei systemischen Technologiesprüngen)
- bessere Anpassung an neue gesellschaftliche Bedarfe (z.B. Konsumwandel)

Zusammenfassend wurden hier alle Aspekte mehrheitlich positiv bewertet, was eine Verbesserung durch urbane Innovationsmuster für alle Herausforderungen annehmen lässt. Am positivsten wurde dabei das Ziel 'nachhaltige Stadtentwicklung und Klimaschutzziele' (78,4% mit 'eher hoch' oder 'sehr hoch') gewertet, danach folgt das Ziel 'mehr Kooperation und Co-Innovation' (68,6%). Gleichauf liegen auf Rang 3 die Ziele

'schnellere Adaptions- und Innovationsgeschwindigkeit' und 'effizientere Abläufe/Prozesse' (je 56,8%). Deutlich dahinter folgen 'Paradigmenwechsel' und 'gesellschaftliche Bedarfe' mit weniger als 50% grundsätzlicher Zustimmung. Allerdings überwiegt durchgängig die eher oder sehr positive Einschätzung, die maximale Ablehnung (eher geringer oder sehr geringer Beitrag durch urbane Innovationsmuster) alle Aspekte betreffend, liegt bei 23,5% für den letztgenannten Aspekt.

Teil III - Evaluation urbaner Innovationsmuster

Dieser Abschnitt enthielt die systematische Einführung und Bewertung aller 25 Muster-Prototypen entlang der einheitlichen Aspekte 'A. Plausibilität', 'B1. Relevanz - heute', 'B2. Relevanz - Zukunft' und 'C. Gestaltbarkeit'. Die Bewertung dieser Aspekte erfolgte einheitlich über alle Muster entlang einer 0-100%-Skala (sehr geringe Zustimmung bis sehr hohe Zustimmung). Ebenso war für jeden Aspekt auch die Antwortmöglichkeit 'keine Angabe' gegeben.

Die Grafik (siehe Abbildung 5.9) zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der Auswertung für das Muster 'Backyards and Niches' [BAN]. Klar erkennbar ist beispielsweise eine ambivalente Meinung zur lokalen Gestaltbarkeit, ebenso ein deutlicher Trend für die zunehmende Relevanz in Zukunft (gegenüber heute).

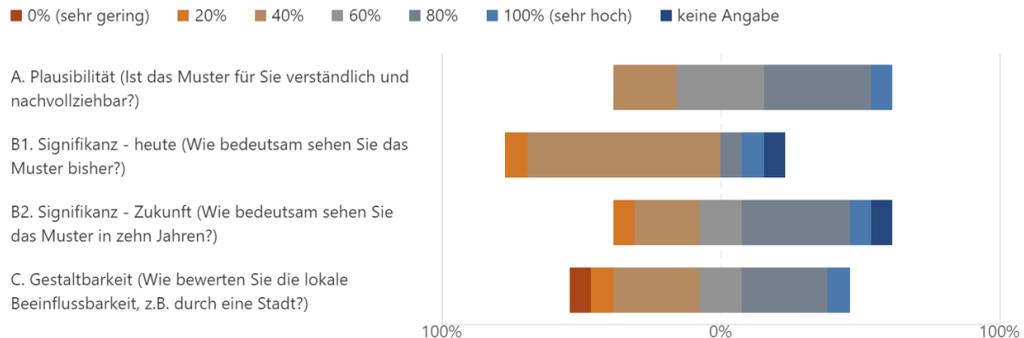


Abbildung 5.9: Beispiel - Experteneinschätzung für Muster 'Backyards and Niches'

In der Auswertung über alle 25 Muster zeigt sich ein sehr positives Bild, wie die nachfolgende Tabelle als Gesamtübersicht (siehe Tabelle 5.1) belegt. Die Werte für den Aspekt der Plausibilität liegen allesamt im oberen Drittel der Skala ohne Ausreißer nach unten, der niedrigste Wert beträgt knapp 65%. Die Relevanz t_0 liegt dabei eher im Mittelfeld der Skala, der niedrigste Wert beträgt knapp 44%. Die Relevanz t_{10} wird dabei signifikant höher mit Werten zwischen 53 und 86% gewichtet. Die lokale Gestaltbarkeit liegt auf der Skala in der oberen Hälfte, der niedrigste Wert bei 48%.

5 Evaluation und Organisation der Muster-Prototypen

	Plausibilität	Relevanz t ₀	Relevanz t ₁₀	Gestaltbarkeit	Trend t ₀₋₁₀
SET	85,2%	67,6%	57,2%	64,8%	-10,4%
DWC	87,8%	76,1%	86,0%	62,8%	9,9%
PDR	73,5%	62,0%	75,4%	62,1%	13,4%
CPO	73,2%	58,8%	67,8%	56,0%	9,0%
BAN	74,1%	56,0%	64,0%	52,6%	8,0%
NSX	85,9%	61,2%	61,6%	72,2%	0,4%
DAL	87,5%	68,4%	82,8%	83,6%	14,4%
MOM	74,1%	55,2%	74,4%	68,4%	19,2%
ICA	64,7%	48,8%	62,0%	58,4%	13,2%
CIC	77,7%	43,5%	63,2%	54,1%	19,7%
PTP	75,6%	45,7%	62,5%	56,3%	16,7%
PLX	87,2%	66,1%	69,4%	66,5%	3,3%
LSP	82,4%	52,2%	65,3%	54,3%	13,1%
EIP	84,9%	59,2%	64,9%	49,4%	5,7%
PAS	82,5%	59,6%	69,4%	49,2%	9,8%
TEA	84,5%	51,3%	72,1%	70,4%	20,8%
FRI	79,6%	59,6%	62,9%	67,7%	3,3%
OLD	71,4%	49,4%	58,7%	62,7%	9,4%
SWP	80,8%	57,6%	53,1%	49,4%	-4,5%
OZO	73,2%	49,8%	67,6%	70,2%	17,8%
UEF	73,9%	54,0%	76,2%	68,1%	22,1%
PPI	80,8%	56,3%	71,4%	61,2%	15,1%
UQI	78,8%	61,7%	75,7%	73,2%	13,9%
CTT	75,1%	58,3%	70,6%	48,3%	12,3%
FAA	81,6%	56,6%	73,9%	70,6%	17,3%

Tabelle 5.1: Ergebnisse Muster-Evaluation für Plausibilität, Relevanz t₀, Relevanz t₁₀, Gestaltbarkeit und Trendverlauf (aus Experten-Survey)

	Plausibilität	Relevanz t ₀	Relevanz t ₁₀	Gestaltbarkeit	Trend t _{10-t0}
MITTELW	79,0%	57,4%	68,3%	62,1%	10,9%
MEDIAN	79,6%	57,6%	67,8%	62,7%	13,1%
STABWA	6,0%	7,4%	7,8%	9,2%	7,9%
MIN	64,7%	43,5%	53,1%	48,3%	-10,4%
MAX	87,8%	76,1%	86,0%	83,6%	22,1%

Tabelle 5.2: Untersuchung von Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Evaluation

Die obige Tabelle (siehe 5.2) zeigt zusätzlich über alle Aspekte sowie dem Trendverlauf t_{0-10} den jeweiligen Durchschnitt, den Median, die Standardabweichung, das Minimum und das Maximum auf. Dabei liegen die Standardabweichungen vom Mittelwert über alle Aspekte zwischen 6,0 - 9,2%.

Somit lässt sich die Summe aller Muster-Prototypen nach der Experten-Evaluation als recht homogen und ohne signifikante inhaltliche Ausreißer feststellen.

5.5 Schritt D: Ergänzung deskriptiver Indikatoren

Die zuvor durchgeführten Evaluationsschritte haben gezeigt, dass die Muster-Prototypen erstens eine Durchdringung über alle urbanen Innovationsprozesse aufweisen (Evaluation A); zweitens eine interne Hierarchie und Beziehungen besitzen (Evaluation B); sowie drittens eine ausreichende Plausibilität und Praxisrelevanz aus der Experten-Evaluation erhalten (Evaluation C). Damit können die identifizierten Muster-Prototypen als evidenzbasierte Forschungsergebnisse betrachtet werden.

Auf Basis dieser Feststellung besteht die Möglichkeit, weitere beschreibende (deskriptive) Indikatoren für jedes UI-Muster zu definieren. Hierzu können die durchschnittlichen Performanzwerte aus dem vorigen Datensatz der urbanen Innovationen dort erhoben werden, wo jedes Muster eindeutig zugeordnet werden konnte. Dabei können die folgenden Fragen und Tendenzen beispielhaft adressiert werden:

- *Geschwindigkeit* - Welche Muster finden sich häufig bei besonders 'schnellen' Diffusionsprozessen, welche eher bei langsamen?
- *Alter/Reifegrad* - Welche Muster sind besonders 'alt', welche besonders 'jung'?
- *Stadtgröße* - Welche Muster tendieren eher zu kleineren Städten, welche zu größeren?
- *Distanzen* - Welche Muster unterstützen geografisch die Diffusion über eher weite geografische Distanzen, welche eher über kurze?
- *Streuung* - Welche Muster unterstützen die Diffusion in viele Länder (=politisch unterschiedliche Regimes), welche eher in weniger?

Über die Bildung der Mittelwerte in Relation zu bestehenden Kontextvariablen (vgl. Kapitel 4.3 - Feature Engineering) kann für jedes UI-Muster eine direkte Vergleichbarkeit untereinander bezüglich bestimmter Merkmale erreicht werden:

- Für die Bestimmung der durchschnittlichen 'Geschwindigkeit' wurde der Mittelwert aller gültigen Diffusionsintervalle D_{1-5} verwendet und gemessen, wo eine UI im Vergleich schneller war als das umliegende Intervall. Das Muster, welches den höchsten Wert aufwies, wurde auf 100% skaliert (SWP). Das Muster mit der geringsten Ausprägung erhielt einen Wert von 34,8% (OZO).

- Für die Bestimmung des durchschnittlichen 'Alters' wurde der Mittelwert aller gültigen Zeitangaben (Zeitpunkt der Pilotierung) verwendet und gemessen, wie 'lange' das UI bereits im Innovationssystem existiert. Das Muster, welches den höchsten Wert aufwies, wurde auf 100% skaliert (TEA). Das Muster mit der geringsten Ausprägung erhielt einen Wert von 16,0% (CIC).
- Für die Bestimmung der durchschnittlichen 'Stadtgröße' wurde der Mittelwert aller Durchschnittsgrößen der diffundierten Städte (bis D_{1-5}) zum Zeitpunkt der Diffusion gebildet. Das Muster, welches den höchsten Wert aufwies, wurde auf 100% skaliert (OZO). Das Muster mit der geringsten Ausprägung erhielt einen Wert von 28,5% (TEA).
- Für die Bestimmung der durchschnittlichen 'Distanz' wurde der Mittelwert aller gültigen Distanzen zwischen den diffundierten Städte (bis D_{1-5}) verwendet. UI, die in geografisch naheliegenden Städten diffundieren, weisen hier geringere Werte auf. Das Muster, welches den höchsten Wert aufwies, wurde auf 100% skaliert (ICA). Das Muster mit der geringsten Ausprägung erhielt einen Wert von 46,3% (OLD).
- Für die Bestimmung der durchschnittlichen 'Streuung' wurde der Mittelwert aller gültigen Länderangaben zwischen den diffundierten Städte (bis D_{1-5}) verwendet. Das Muster, welches den höchsten Wert aufwies, wurde auf 100% skaliert (SET). Das Muster mit der geringsten Ausprägung erhielt einen Wert von 77,6% (CPO).

Die Ableitung dieser deskriptiven Indikatoren soll an dieser Stelle exemplarisch aufzeigen, dass jedes Muster in seiner bisherigen Zuordnung zu den urbanen Innovationen weitere eindeutige Merkmale aufweisen kann. Somit bestehen Muster, die in ihrer 'Natur' eher bei kleineren Städten zu finden sind, andere die eher technische Innovationen begleiten oder bei besonders schnellen Diffusionsprozessen vorkommen.

Die nachfolgende Tabelle (siehe 5.3) gibt die zusammenhängende Übersicht der ausgewählten Indikatoren wieder:

	Ø-Distanz	Ø-Geschwindigkeit	Ø-Stadtgröße	Ø-Alter	Ø-Streuung
ULQ	53%	71%	68%	54%	85%
PLX	58%	73%	61%	48%	88%
DAL	66%	65%	80%	31%	96%
EIP	61%	79%	52%	56%	88%
BAN	56%	63%	66%	40%	90%
LSP	61%	39%	53%	38%	89%
FAA	62%	74%	63%	44%	85%
UEF	59%	74%	63%	55%	92%
PTP	64%	60%	73%	39%	86%
CPO	58%	52%	63%	40%	78%
MOM	62%	54%	79%	33%	88%
PAS	58%	66%	41%	86%	98%
FRI	61%	83%	57%	60%	91%
SWP	53%	100%	42%	86%	94%
PPI	67%	71%	77%	31%	95%
OLD	46%	64%	52%	61%	80%
CTT	69%	51%	53%	54%	88%
DWC	55%	88%	32%	75%	90%
ICA	100%	50%	82%	18%	83%
PDR	84%	55%	90%	33%	92%
SMA	68%	70%	62%	28%	93%
NSX	78%	50%	83%	41%	85%
OZO	69%	35%	100%	32%	84%
TEA	47%	67%	29%	100%	86%
CIC	82%	55%	71%	16%	78%
SET	68%	69%	44%	87%	100%

Tabelle 5.3: Übersicht der deskriptiven Indikatoren aus der Muster-Evaluation

Analog zur Datenüberprüfung aus der Experten-Evaluation werden für die deskriptiven Indikatoren zusätzlich die jeweiligen Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Minima und Maxima (wie bereits oben beschrieben) aufgeführt (siehe Tabelle 5.4).

	Ø-Distanz	Ø-Geschwindigkeit	Ø-Stadtgröße	Ø-Alter	Ø-Streuung
MITTELW	64,0%	64,5%	62,6%	49,5%	88,5%
MEDIAN	61,8%	65,5%	62,3%	42,4%	88,2%
STABWA	11,8%	14,6%	17,6%	22,2%	5,7%
MIN	46,3%	34,8%	28,5%	16,0%	77,6%
MAX	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 5.4: Untersuchung von Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum der deskriptiven Indikatoren

Jedes Muster wirkt somit im urbanen Innovationssystem anders in einem spezifischen Kontext. Beispielhaft ist als Streudiagramm (siehe Abbildung 5.10) die hohe Korrelation der beiden Indikatoren 'Ø-Alter' und 'Ø-Stadtgröße' über die 25 Muster dargestellt:

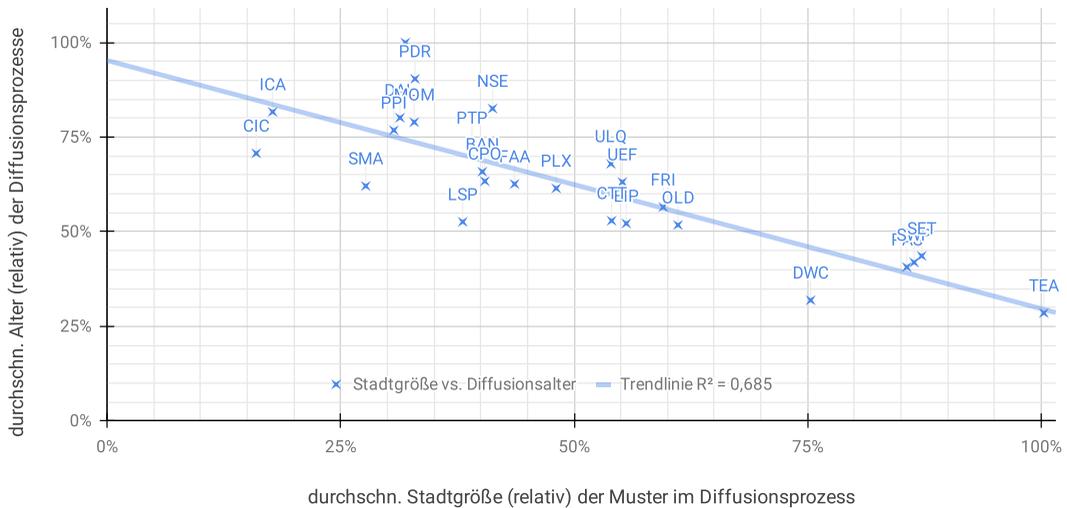


Abbildung 5.10: Korrelation der Indikatoren 'Ø-Alter' und 'Ø-Stadtgröße' für alle UIP

Das TEA-Muster weist hierbei auf der einen Seite das höchste 'Durchschnittsalter' im Zeitverlauf (eher in älteren Intervallen zu finden und wenig 'modern'), auf der anderen Seite die geringste 'Durchschnittsgröße' der beeinflussten Städte auf. So ergeben sich in der näheren Betrachtung der deskriptiven Indikatoren interessante Einblicke in Wechselwirkung und Eigenschaften der Muster aus dem Datensatz. Diese Korrelationen in ihrer Signifikanz näher zu untersuchen, soll mit Blick auf die Forschungshypothesen nicht Bestandteil dieser Dissertation sein. Allerdings scheint es überlegenswert aus diesem Ansatz heraus individualisierte bzw. 'maßgeschneiderte' Muster-Settings [vgl. Geels, 2007] für bestimmte Städte, Stadtstrukturen oder Städtenetzwerke zu erforschen und

für die Praxis zu dokumentieren. Die Potenziale werden als weiterer Forschungsbedarf in Kapitel 7 skizziert.

5.6 Schritt E: Organisation als Mustersprache

Aufbauend auf der evaluatorischen Überprüfung durch die Experten-Erhebung wird im Folgenden ein visuelles Organisationsschema für ein einzelnes Muster als Individuum sowie eine zusammenhängende Darstellung aller Muster (vgl. Periodensystem der Elemente) eingeführt. Zielsetzung hierbei ist die verbesserte Anwendung durch eine eindeutige Identifizierung inklusive prägender Performance-Indikatoren und eine schnelle Einordnung.

5.6.1 Qualifizierung eines einzelnen Musters

Im letzten Schritt zur Evaluation und Operationalisierung der Muster wird ein strukturelles Organisationsschema eingeführt, das als Schablone für alle Ausprägungen sowie prägender Merkmale fungiert. Die zugrundeliegenden Daten resultieren dabei aus der evaluatorischen Zuordnung der Muster zu den bestehenden Kontextfaktoren.

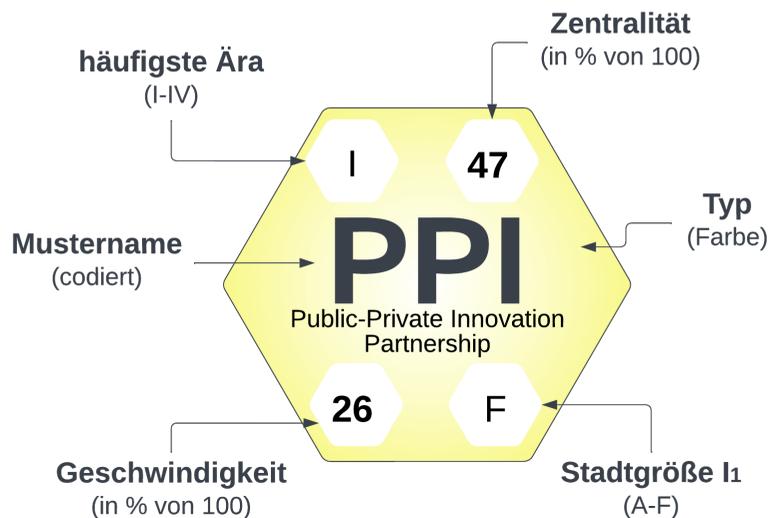


Abbildung 5.11: Einführung Organisationsschema für ein Muster - Beispiel PPI

Neben dem eigentlichen Titel zur Codierung des Musters werden dafür weitere relevante Metriken verwendet, die eine eindeutige qualitative und vergleichende Einordnung gewährleisten. Die nachfolgende Grafik (siehe Abbildung 5.11) visualisiert das präferierte Organisationsschema. Hierzu werden die folgenden zwei Deskriptoren sowie vier

Performance-Indikatoren (Eigenschaften) für jedes Muster verwendet und nachfolgend eingeführt:

- *Mustername* - Wie ist das Muster definiert? Dies beschreibt den Namen des Musters als Code (3 Buchstaben) sowie den ausgeschriebenen Titel.
- *Typ* - Welcher Kategorie ist das Muster inhaltlich zuzuordnen? Die Farbgebung beschreibt die 6+1 Typen der Muster oder Anti-Muster.
- *Zentralität* - Wie vernetzt ist das Muster mit anderen Mustern? Der Indikator beschreibt die Zentralität des Musters ausgehend von der Interdependenzanalyse, d.h. wie häufig das Muster mit weiteren Mustern aufgetreten ist.
- *häufigste Ära (I-IV)* - Wann kam das Muster am ehesten vor? Der Indikator beschreibt das Jahrhundert (I = bis 1800, IV = ab 2000), in dem das Muster am häufigsten (in Relation zum Gesamtaufkommen) identifiziert wurde.
- *Geschwindigkeit* - Wie stark findet sich das Muster bei relativ schnellen Diffusionsprozessen? Der Indikator beschreibt den Mittelwert der zeitlichen Diffusionsprozesse des Musters, d.h. die Zuordnung zur Diffusionszeit D_5 .
- *Stadtgröße S_1* - Wie groß sind die Innovatorstädte bei diesem Muster? Der Indikator beschreibt die häufigste Stadtgröße, in der das Muster eine Nr.1-Pilotierung begleitete (A = ab 1.000.000 EW, B = ab 1.400.000 EW, ...).

Durch die eingeführte Klassifikation besteht eine eindeutige Unterscheidbarkeit jedes Musters im Gesamtsystem. Dies ist eine notwendige Voraussetzung, um die einzelnen Muster als zusammenhängende Mustersprache einzuordnen. Auf eine starre Hierarchie wird dabei verzichtet, da eine hohe Erweiterbarkeit und Co-Produktion durch weitere Akteure unterstützt werden soll.

5.6.2 Syntax als offene Mustersprache

Keines der identifizierten Muster für urbane Innovation steht oder wirkt in der Praxis für sich allein. Wie bereits nachgewiesen wurde, sind alle Muster mit mindestens einem weiteren vernetzt und inhaltlich verbunden (vgl. Zentralität). Daher wird nachfolgend der Vorschlag eingeführt, die einzelnen Muster als gemeinsame formale Sprache zu definieren, wie sie im Bereich der Informatik und Linguistik verwendet werden.

Dabei war neben Christopher Alexander die Informatikerin Dana Angluin eine der ersten in ihrem Fach, die den Begriff im Kontext von 'Machine Learning' verwendet haben [vgl. Angluin, 1980]. Eine Mustersprache ist laut Literatur wie eingangs eingeführt (siehe Kapitel 2.4.4) dann gegeben, wenn Beziehungen zwischen den Mustern bestehen und diese differenziert betrachtet werden können [vgl. Grimm, 2011; Harrer, 2005]. Diese Differenzierung veranschaulichen die folgenden Fragestellungen:

- Können Muster verwendet werden, um andere Muster zu realisieren?
- Gibt es Muster, die sich ergänzen und zusammen einsetzbar sind?
- Können Muster als Alternativen betrachtet werden?
- Bestehen Gemeinsamkeiten oder Unterschiede mit anderen Mustern [ebd.]?

Muster zeigen ihr wahres Potenzial, wenn sie Teil einer Mustersprache sind, nicht eigenständig, und wenn sie eng miteinander verbunden sind [vgl. Estabraghy, 2008]. Eine notwendige Bedingung hierzu sehen Manns und Rising in der 'Kohärenz' von Mustern, und dass sie 'zusammenarbeiten, um Probleme zu lösen' [Manns, 2005]. Im behandelten Fall für urbane Innovationsmuster zeigen sich gleich mehrere Charakteristika einer Mustersprache. Durch Kombination einzelner Muster entstehen Informationsketten, die einzeln und in Kombination eine eigene Inhaltsebene aufweisen. Eine feste Syntax als grammatikalisches Regelsystem wird an dieser Stelle vorerst außen vorgelassen und kann zu einem späteren Zeitpunkt näher betrachtet werden.

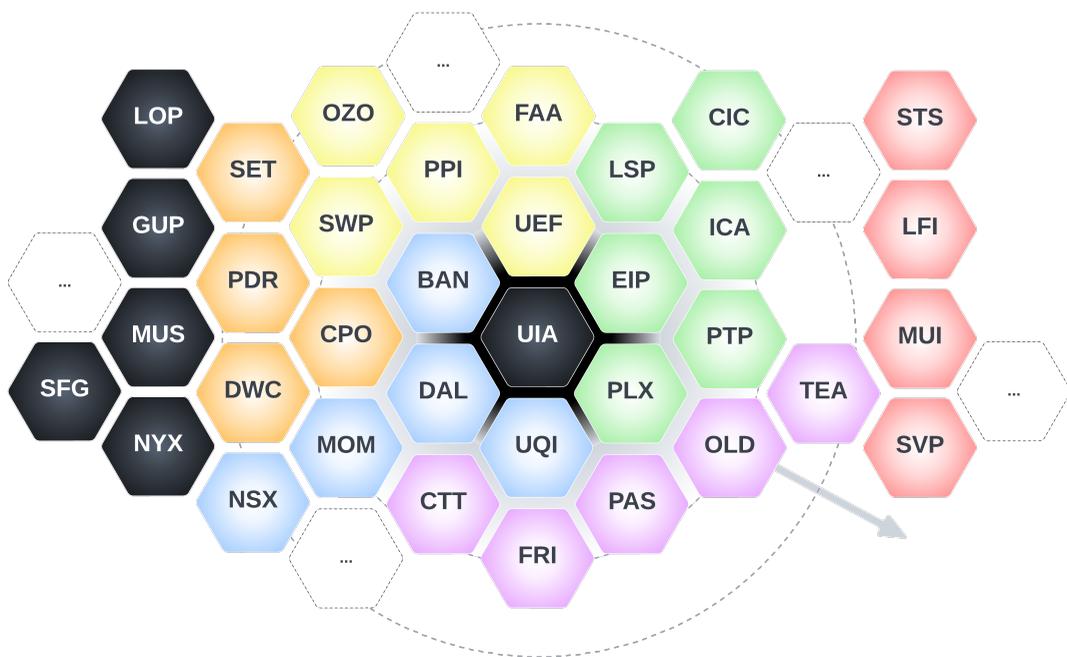


Abbildung 5.12: Anordnung der einzelnen 35 Muster entlang ihrer Zentralität als erweiterbare Mustersprache, im Zentrum UIA-Muster als 'Nullpunkt'

Mit der oben dargestellten Struktur (siehe Abbildung 5.12) wird ein grafisches und offenes Organisationsschema vorgeschlagen, welches sich an die ursprüngliche Logik des Periodensystems der Elemente und neueren Interpretationen anlehnt [Mendelejew, 1869;

Hammond, 2018]. Im Zentrum steht als Fixpunkt das Meta-Muster UIA (Urban Innovation Acceleration) als Vertreter der subjektiven Muster, um welches weitere Klassen-Muster sowie die beispielhaften Anti-Muster (ohne Zentralität) gruppiert sind. Die räumliche Anordnung erfolgt für die Klassen 1-5 aus der Mitte mit der höchsten Zentralität, die nach außen hin (im Uhrzeigersinn) abnimmt - nicht gewichtete Muster liegen dabei außerhalb.

Im Gegensatz zum etablierten Modell werden Hexagone als Grundelemente und eine zentrierte Darstellung gewählt, die zugleich bei abnehmender Zentralität eine Erweiterung nach außen (grauer Pfeil) ermöglicht. Hierbei gibt in dem Schema der Kreis einen direkten Bezug der Muster mit Zentralitätsbezug wieder, außerhalb besteht dies für die Muster nicht. Weitere Muster sind zukünftig je nach Klassifikation zu erweitern (angedeutet).

5.7 Schritt F: Anwendungsfall für autonome On-Demand-Shuttles

Gemeinsam mit Vertretern aus Forschung und Praxis wurde in einem Fokusgruppen-Workshop eine praxisbezogene Anwendung am Beispiel der fiktiven Einführung von autonomen On-Demand-Shuttles in der Stadt Stuttgart erprobt und die Anwendbarkeit untersucht. Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 5.13) beschreibt den schematischen Prozess im Anwendungsbeispiel:

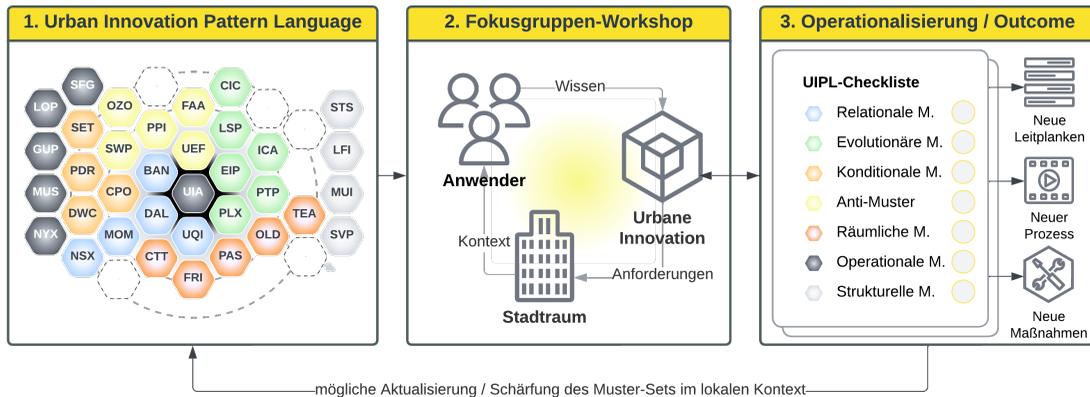


Abbildung 5.13: Schematischer Prozess für Anwendung der UIPL in konkretem Anwendungsfall (autonomer On-Demand-Shuttle in Stuttgart)

Auch wenn der zentrale Forschungsfokus auf der empirischen Überprüfung der Hypothesen lag, soll im Rahmen der Arbeit eine erste mögliche Anwendung als kollektiver Orientierungsrahmen und generalisierte 'Good Practices' erfolgen. Hierzu wurden die vorliegenden Musterbeschreibungen als kompakte Steckbriefe und Arbeitsmaterialien für den Workshop aufbereitet. Als hypothetisches Beispiel einer urbanen Innovation

wurden autonome On-Demand-Shuttles definiert, wie sie bereits in ersten US-Städten wie Phoenix oder San Francisco pilotiert wurden [Bellan, 2022]. Durch die nationale Novellierung der Straßenverkehrsordnung (StVO) für autonome Fahrzeuge mit SAE-Lvl 5 im Jahr 2025 ist eine zeitnahe Einführung als erste Stadt oder eine der ersten Städte in Deutschland naheliegend.

Im Workshop-Szenario wurde davon ausgegangen, dass bereits im Herbst 2023 ein entsprechendes Projekt zur Einführung und Pilotierung der urbanen Innovation starten sollte. Weitere Randbedingungen wurden nicht vorgegeben. Im Ergebnis des 90-minütigen Workshops konnte für alle Muster mindestens eine konkrete Anforderung bzw. Ableitung identifiziert werden (→ Anhang - Tabelle X). In sechs der 35 Muster (17%) wurden sogar zusätzliche Maßnahmen als Handlungsoptionen identifiziert.



(a) Beispiel 1: modernes MOIA-Shuttle in Ham- (b) Beispiel 2: alte Straßenbahn in Stuttgart
burg (mit Fahrer) als neue 'Marke' (emotionaler Bezug)

Abbildung 5.14: Auslegung des FRI-Musters: moderne vs. nostalgische Gestaltung von Mobilität (Workshop-Diskussion)

In der Ableitung wurden mehrfach direkte Bezüge einer Maßnahme zu mehr als einem Muster festgestellt:

- Beispielsweise wurde bei Diskussion des OLD-Musters (= Ablösung alter Infrastrukturen) die Idee entwickelt (in Kombination mit FRI-Muster = Gestalterische Reinterpretation), die alte Tram-Linie U15 wieder zu nutzen bzw. neu zu interpretieren. Dies wäre z.B. ein anderer Design-Ansatz als in Hamburg, wo völlig neu designte Fahrzeuge der Firma MOIA als autonome Shuttles vorgesehen sind (siehe Abbildung 5.14).
- Für das PDR-Muster (= leistungsorientierte De/Regulierung) wurde sowohl der Bedarf einer frühzeitigen Experimentierklausel (außerhalb des heutigen PBefG) als auch eine Alternative mit der Nutzung privater Gewerbeareale (z.B. Flughafen-gelände) und einem flexibleren Rechtsrahmen formuliert - hier wurde ein direkter Bezug zum EIP-Muster (Relevanz lokaler Unternehmen) gesetzt.

Ebenso wurden in der Anwendung des SMA-Musters (= kleine Städte als Testfelder) festgestellt, dass in der naheliegenden Mittelstadt Waiblingen bereits ein Pilotversuch mit autonomen Fahrzeugen läuft und hier wertvolle Synergien gezogen werden könnten [vgl. Ulmer, 2022]. Auch eine interessierte Auseinandersetzung mit vorhandenen internationalen Beispielen (vgl. USA, Singapur) wurde als Bedarf formuliert und als wichtig für den weiteren Prozess erachtet (Was lässt sich davon lernen?).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die praktische Anwendung und der Einsatz der Muster im definierten Setting sehr gut funktioniert hat. Keines der Muster führte in der Diskussion zu Irritationen oder fehlendem Kontext in der lokalen 'Übersetzung'. In der Feedback-Runde wurde mehrfach genannt, dass die gemeinsam abgeleiteten Maßnahmen eine hohe Passfähigkeit und gerade in der Kombination vielversprechend und innovativ scheinen. Für eine weitere Forschung und Erweiterung der Mustersprache könnten hierzu vertiefende Vergleichsstudien (mit/ohne Muster-Einsatz) und für unterschiedliche Aufgabenstellungen in der Praxis sicher aufschlussreich sein (siehe Limitationen und weiterer Forschungsbedarf).

6 Ergebnisdarstellung als Mustersprache

In Kapitel 6 erfolgt die Zusammenführung der fünf Komponenten aus dem Forschungsprozess: den Prototypen aus der iterativen Mustergenerierung (Kapitel 4.5), die konfirmatorische Überprüfung in der UI-Datenbank (Kapitel 5.3), die Experten und Expertinnen-Evaluation zur Verifikation und Präzisierung der Prototypen (Kapitel 5.4), ergänzende Indikatoren zur Beschreibung und Kategorisierung der einzelnen Muster (Kapitel 5.5) sowie dem vorgeschlagenen Organisationschema als Mustersprache (Kapitel 5.6). Für die strukturierte Darstellung werden hier erstmals unterschiedliche Klassen als Strukturmerkmale der offenen Mustersprache eingeführt. Diese stellen eine logische Klassifikation von jeweils vier bis sechs Musterbeschreibungen dar, wie sie in Kapitel 4.6 im Iterationsprozess in Ansätzen kurz skizziert wurden. Zusätzlich wurden als Feedback aus der Stakeholder-basierten Evaluation zwei weitere Klassen der ‚subjektiven‘ und ‚Anti‘-Muster herangezogen, die zum einen die Charakteristika signifikanter Stadttypen (Subjekte) und zum anderen innovationshemmende Einflussfaktoren (Anti) umfassen.

6.1 Einordnung und Herleitung

Das ursprüngliche Forschungsziel war es, ein datengestütztes Wissensstrukturmodell in Form einer offenen Mustersprache zu entwickeln, welches sich aus verschiedenen Sub-Sets, also einzelnen Klassen, zusammensetzt. Die mittels theoretischem Sampling abgeleiteten Muster-Prototypen wurden in einem mehrstufigen Evaluationsprozess validiert und als ‚Urban Innovation Pattern Language‘ (uiPL) mit sieben unterschiedlichen Klassen in diesem Kapitel beschrieben.

Die Bildung weiterer Klassen in der Anwendung und Fortschreibung der Mustersprache sind nicht ausgeschlossen, aber auf Basis der bisherigen Datenlage noch nicht absehbar.

6.1.1 Strukturschema KREATOS

Neben den direkt aus dem Forschungsprozess gebildeten Klassen mit mehreren Mustern werden zwei zusätzliche Klassen der subjektiven Muster (Kapitel 6.6) und der Anti-Muster (Kapitel 6.7) exemplarisch eingeführt. Nach Abschluss des Forschungsprozesses liegen somit sieben Klassen von Mustern mit jeweils ähnlichen Eigenschaften vor:

- konditionale (Klasse 1 - K),
- räumliche (Klasse 2 - R),

6 Ergebnisdarstellung als Mustersprache

- relationale (Klasse 3 - T),
- evolutionäre (Klasse 4 - E),
- operationale (Klasse 5 - O),
- subjektive (Klasse 6 - S).
- (Anti-)Muster (Klasse 7 - A),

Die einzelnen Klassen werden nachfolgend eingeführt und sind als KREATOS-Strukturschema und -Akronym fortan zu verwenden. Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 6.1) visualisiert das Ablaufschema der Herleitung aus der explorativen Datenanalyse mit dem CRISP-DM-Modell sowie dem begleitenden 'Pattern Mining'.

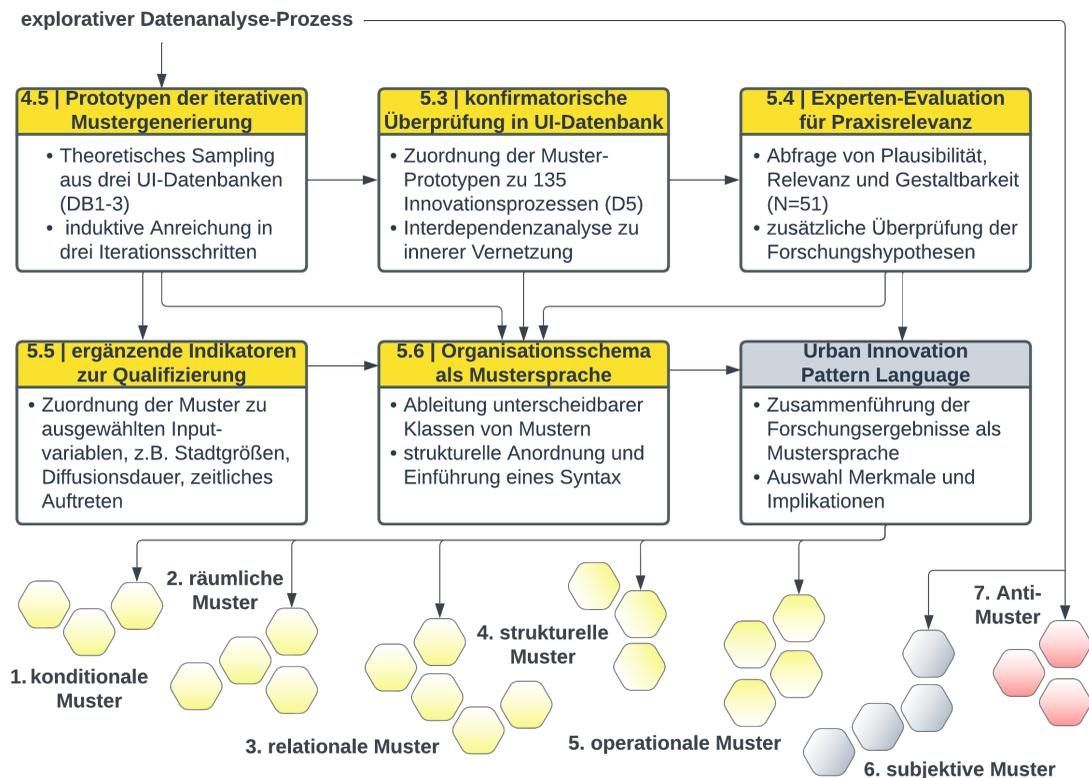


Abbildung 6.1: Ablaufschema von der Mustergenerierung bis Klassifikation

Die Klasse der Anti-Muster (rot) wurde hierbei nicht empirisch aus dem 'Pattern Mining'-Zyklus (Iterationen) hergeleitet, sondern wird ergänzend und beispielhaft als 'Nebenprodukt' aus den untersuchten Diffusionsverläufen mit erkennbar negativen Einflüssen auf urbane Innovation beschrieben (Was hat Innovationen scheitern lassen?). Die Klasse der subjektiven Muster (grau) wiederum leitet sich aus dem 'Data-Mining'-Zyklus

zu signifikanten Innovationsleistungen einzelner Städte ab. Die jeweilige Zuordnung erfolgte auf Basis direkter logischer Zusammenhänge (Welche Muster wirken ähnlich?) und indirekt über die Ergebnisse der IDA.

6.1.2 schematischer Aufbau einer Musterbeschreibung

Teil I: Basisstruktur für alle Klassen

Basierend auf den Merkmalen je Muster aus mehreren Diffusionsverläufen und der vorläufigen Qualifizierung eines Musters (siehe Kapitel 5.6.1) sind die folgenden 25 Muster in ihrer finalen Beschreibung wie folgt aufgebaut:

- Titel mit Akronym - Benennung des Musters mit einem eindeutigen Akronym bzw. Codierung mit drei Buchstaben
- Problem und Kontext - Begriffsdefinition und Beschreibung des Musterprinzips im Kontext des jeweiligen Lösungsansatzes, wo erforderlich wurde im Rahmen des explorativen Prozesses weitere Sekundärliteratur (in Ergänzung zur Literaturanalyse) definitorisch hinzugezogen (ca. 1.000 Zeichen)
- Beispiele und Empirie - Beschreibung von charakteristischen Beispielen und empirischen Datengrundlagen (ca. 500 Zeichen)

Teil II: Zusatzelement für die Klassen 1 - 5

Jedes der Muster erhält in einer einheitlichen Tabellenstruktur eine direkte Vergleichbarkeit entlang ausgewählter deskriptiver Indikatoren:

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
a	b	c	d	e	f
hoher Zusammenhang mit: Muster X (x), Muster Y (y), Muster Z (z)					

- Klasse - Zuordnung zu einer bestimmten Klasse (eingangs definiert) mit ähnlichen Eigenschaften [1 - 7]
- Häufigkeit (absolut) - gibt an, wie oft das Muster im Datensatz (von max. 135) identifiziert werden konnte [8 - 40]
- Zentralität (relativ) - gibt das Zentralitätsmaß des Musters an nach erfolgter Interdependenzanalyse an [21% (peripher) - 100% (zentral)]
- Stadtgröße (relativ) - gibt an, ob das Muster eher bei größeren oder kleineren Städten gefunden wurde [29% (größer) - 100% (kleiner)]
- Verbreitung (relativ) - gibt an, ob das Muster eher in vielen unterschiedlichen 'Regimes' (Ländern) oder weniger gefunden wurde [78% (weniger) - 100% (mehr)]

- Alter (relativ) - gibt an, ob das Muster eher in jüngerer Zeit (21. Jahrhundert) oder älteren Intervallen gefunden wurde [16% (jünger) - 100% (älter)]
- hoher Zusammenhang mit - Benennung weiteren Muster (mit Häufigkeit), die am häufigsten in Koexistenz festgestellt wurden.

6.2 Klasse 1: konditionale Muster [K]

Die Klasse der konditionalen Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über eine externe Bedingung (lat. *conditio*) in der Stadtentwicklung definieren. In den Sprachwissenschaften bezeichnet 'konditional' einen Modus, der eine Bedingung ausdrückt. Die betreffenden Muster sind somit auf externe Bedingungen angewiesen wie z.B. besondere Veranstaltungen, unerwartete Krisen, externe Gesetzeinflüsse oder regionale Besonderheiten.

6.2.1 Special Event Trigger [SET]

Das Muster *Special Event Trigger* hat sich in der industriell geprägten Stadtentwicklung der Moderne als etabliertes Prinzip erwiesen. Es beschreibt den Einfluss von besonderen Großveranstaltungen mit dem erklärten Ziel, Innovationen einzusetzen. Durch einen neuen institutionellen Rahmen mit höherer Innovationsbereitschaft und eine frühzeitige strategische Festlegung können infrastrukturelle, ökonomische und soziale Parameter im Planungsprozess aufeinander abgestimmt werden. Gleichzeitig besteht auch eine gesellschaftliche 'Erwartungshaltung' an neuartige Lösungen und ein Alleinstellungsmerkmal zu vergangenen Formaten. Allgemeine Beispiele sind die großen internationalen Weltausstellungen und EXPOs, Bundes- und Landesgartenschauen (BUGA, LAGA), Internationale Bauausstellungen (IBA), Olympiaden oder auch Jubiläen von Städten. Auf der Weltausstellung Paris 1889 wurden beispielsweise die elektrische Straßenbeleuchtung wie auch der Eiffelturm als weltweit höchstes Stahlfachwerk erstmals pilotiert.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
konditional	9	25%	44%	100%	87%

hoher Zusammenhang mit: EIP (5), CTT (3), DAL (3), ULI (3), UEF (3)

6.2.2 Don't waste a good crisis [DWC]

Das Muster *Don't waste a good crisis* ist relativ stark ausgeprägt in der Evolution von Stadtssystemen. Städte haben bis in die Neuzeit vielfältige Herausforderungen zu bewältigen, sei es aktuell durch Extremwetterereignisse, durch wirtschaftliche Einbrüche, Pandemien, Kriege oder Naturkatastrophen. Dabei waren und sind solche externen Einflüsse in der Geschichte oft ein Treiber von Innovationen mit dem Ziel, Krisen hinter sich zu lassen

und die Lebenssituation dauerhaft zu verbessern. Das frühere Tokio (Edo) basierte auf einem ausgefeilten Holzbausystem, welches sehr gut auf Großbrände reagieren konnte. Am Anfang der modernen Trinkwasserversorgung in Hamburg stand eine Katastrophe, und der ersten Untergrundkanalisation in London ging 1858 der 'Great Stink' voraus [Schütt, 1995]. Auch die Erfindung des Fahrrads in Karlsruhe im 'Jahr ohne Sommer' 1817 oder der Erfolg des Automobils als Folge der 'Horse Manure Crisis' (z.B. New York City 1894) sind nicht rein zufällig.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
konditional	13	28%	32%	90%	75%
hoher Zusammenhang mit: PLX (6), PTP (3), PPI (3)					

6.2.3 Performative De/Regulation [PDR]

In der juristischen Fachliteratur beschreibt 'performative' oder 'performanzbasierte' Regulierung einen Ansatz, der sich primär auf angestrebte messbare Ergebnisse anstatt verordnender (restriktiver) Prozesse, Techniken oder Abläufe bezieht [Coglianese, 2017]. Internationale Anwendungsfälle hierzu bestehen im Bereich von Umwelts-, Gesundheits- oder Baurecht, ebenso auch im Leistungsmotorsport [Coglianese, 2002; Brooks, 2014]. Das Muster *Performative de/regulation* kann hierbei in Form einer Bonus-Malus-Regelung oder gezielten Zurücknahme von Verordnungen (z.B. Experimentierklauseln) für urbane Innovationen auftreten. Identifizierte Beispiele hierfür sind unter anderem gezielte baurechtliche Anreize für urbane Lebensmittelproduktion in New York City oder dezentrales Grauwasserrecycling (San Francisco, 2018), ebenso das Fehlen von Regulierung bei der Einführung des Lastenrads (Christiania/Kopenhagen, 1984), schwimmenden Siedlungen (Sausalito, 1906) oder hochverdichteten Bauweisen (Kowloon, 1947). Generell wird der dynamischen Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen ein großes, bisher kaum erschlossenes, Innovationspotenzial vermutet.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
konditional	13	33%	90%	92%	33%
hoher Zusammenhang mit: DAL (5), EIP (5), CPO (4), MOM (4)					

6.2.4 Choke Point Opportunity [CPO]

Im militärischen Kontext bedeutet ein 'Chokepoint' eine geografisches Merkmal an Land wie ein Tal, eine Brücke oder eine Meerenge mit taktischen Vorteilen zur Verteidigung mit weniger Ressourcen als der Gegner. Bei urbanen Innovationen beschreibt das Muster *Choke Point Opportunity* das geschickte Ausnutzen von vermeintlichen intrinsischen oder

extrinsischen Nachteilen für neue Lösungen. Dabei können neben räumlichen auch politische, rechtliche oder soziale 'Engpässe' von Bedeutung sein. Ein nicht-technologisches Beispiel dafür ist die Stadt Havanna, die durch das US-Embargo seit 1989 zum weltweiten Vorreiter für urbane Landwirtschaft (>50 %) wurde; ein strukturelles Beispiel stellt die Schweizer Kleinstadt Sion mit zu engen Altstadtstraßen für konventionelle Busse dar, welche deshalb als Modellprojekt für autonome Shuttles ausgewählt wurde; ein rechtliches Beispiel belegt die Pilotierung der U-Bahn in London aufgrund eines gesetzlichen Verbots für oberirdische Bahnen in der Innenstadt. Allgemeingültig sind in der Anwendung des Musters vermeintliche Engpässe oder Einschränkungen als Chance für Innovationen nachweisbar.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
konditional	20	48%	63%	78%	40%

hoher Zusammenhang mit: BAN (7), PLX (6), UEF (5), DAL (5)

6.2.5 Small Guinea Pig [SMA]

Das Muster *Small Guinea Pig* ist definiert über eine signifikante Rolle von Klein- und Mittelstädten im urbanen Innovationssystem. Beispiele hierfür sind Santa Monica oder Bamberg (e-Scooter) mit etwa 90.000, Ulm mit 120.000 (car2go), Lockport (Fernwärme) mit knapp 20.000, La Rochelle (Carsharing) mit etwa 70.000, Wageningen (Autonomer Shuttle) mit etwa 30.000, Wörgl (Schwundgeld) mit ca. 15.000 oder Peccioli (Robotik) mit nur knapp 5.000 Einwohnern zum Zeitpunkt als Nr.1-Innovator. In allen Fällen gab es bewusste Entscheidungen und besondere Rahmenbedingungen für frühzeitige Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben, die allerdings zu großen Teilen meist zeitlich begrenzt und projektiert sind. Dies kann wie im Fall Haßloch als Kleinstadt auch nur die Durchschnittlichkeit der demografischen Merkmale als Besonderheit haben, zumindest für die Konsumforschung in Deutschland [Spiegel, 2022].

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
konditional	12	36%	62%	93%	28%

hoher Zusammenhang mit: DAL (5), EIP (5), PLX (5), FAA (5)

6.3 Klasse 2: räumliche Muster [R]

Die Klasse der räumlichen Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über räumliche oder raumstrukturelle Eigenschaften definieren. Dies können Merkmale sein wie die Verbesserung von Qualitäten im öffentlichen Stadtraum, der Nutzen neu entstehender Stadträume (= Entwicklungsgebiete), das Ausnutzen wenig beobachteter

Räume als Innovationsnischen oder das 'Ineinanderstecken' von Raumstrukturen im Stadtsystem.

6.3.1 Backyards and Niches [BAN]

Das Muster *Backyards and Niches* beschreibt das Prinzip, wenn sich Innovationen relativ unbeobachtet von der Allgemeinheit in einer Art Hinterhofsituation oder einem anders regulierten Bereich ('Nische') entwickeln. Damit neue soziokulturelle und soziotechnische Praktiken in Nischen wachsen und sich verbreiten können, ist es für die Transitionsforschung wesentlich, dass dort innovationsförderliche Rahmenbedingungen vorherrschen [Köhler, 2017]. Dies können in der Empirie private Bereiche oder Areale sein abseits öffentlicher Ordnung. Ebenso spielen dabei dort ansässige Akteure und Nutzer als besonderes Milieu, zum Beispiel mit alternativen kulturellen Praktiken oder Lebensweisen, eine Rolle. Beispiele aus der Geschichte sind *Christiana* in Kopenhagen als alternative Wohnsiedlung, *Kowloon Walled City* nahe Hongkong als politisches 'Niemandland' oder der Berliner Vorort Groß-Lichterfelde bei der Einführung der ersten elektrischen Straßenbahn (W. von Siemens, 1881).

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
räumlich	32	81%	66%	90%	40%
hoher Zusammenhang mit: DAL (11), LSP (9), PTP (8), ULQ (8), CPO (7)					

6.3.2 New Spatial Expansion [NSX]

Das Muster *New Spatial Expansion* bezieht sich auf den Kontext von urbanen Innovationen, die in der Neuplanung von Gebieten oder Stadtteilen eingeführt werden. Das für *Masdar City* in Dubai konzipierte Mobilitätssystem (auch wenn letztendlich gescheitert) konnte nur als 'Greenfield' ganzheitlich und anders als bisher geplant werden. Eine jährlich neu angelegte Stadt wie *Black Rock City* in den USA kann jedes Jahr die modernste Energieversorgung nutzen, und ein neues Quartier wie die *Römerstadt* in Frankfurt wurde 1932 die erste vollelektrifizierte Wohnsiedlung Deutschlands, weil keine technischen Abhängigkeiten vorlagen. Ähnliches gilt für die große Stadterweiterung *Eixample* Barcelonas von 1859, deren Gebäude- und Straßenquerschnitte bereits für technische Innovationen vorbereitet waren. Allen Beispielen ist gemeinsam, dass ausreichend große Flächen der Stadterweiterung mit technischem Fortschritt kombiniert werden. Oft spielt zusätzlich die Interdisziplinarität von beteiligten Planern, Ingenieuren und Entscheidern eine weitere wesentliche Rolle.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
räumlich	11	30%	83%	85%	41%

hoher Zusammenhang mit: PLX (11), PPI (5), DAL (4)

6.3.3 District as Laboratory [DAL]

Das Muster *District as Laboratory* beschreibt im Kern die Rolle von neu entstehenden oder im Umbau befindlichen Stadtquartieren als experimentelle Versuchs- und Erprobungslabore für die gesamte umliegende Stadt - quasi als 'pars pro toto'. Dieses häufig auftretende Prinzip findet sich in der Geschichte urbaner Innovationen und Stadtentwicklung an vielen Stellen, beispielsweise 'Garden City' (diverse Standorte in England, 1898), Weissenhofsiedlung (Stuttgart, 1927), rauchlose Siedlung Steglitz (Berlin, 1934), Metastadt (Wulfen, 1967), Ör-Hallonbergen (Stockholm, 1967), Vauban (Freiburg, 1998), BedZed (London, 2002), Fujisawa Smart Town (2014) und viele weitere (im EU-EIP Smart Cities & Communities Programm finden sich über 80 'Smart Districts' [Suska, 2018]). Oft stellen sie baulich-infrastrukturelle Umsetzungen vorangehender oder aktueller Leitbilder oder Theorien dar, die auf technologischen und gesellschaftlichen Umbrüchen basieren (z.B. die autogerechte Stadt), und demonstrieren dezentrale Lösungen, die noch nicht 'kompatibel' sind mit der direkten Umgebung. Von Bedeutung ist dabei die praktische, d.h. wirtschaftliche und nutzungsbezogene, Relevanz dieser Quartiere und Areale für neue Flächenangebote von Wohnen bis Arbeiten mit hohem Innovationsanspruch. Innenstadtbereiche können ebenso hierzu gezählt werden.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
räumlich	37	100%	80%	96%	31%

hoher Zusammenhang mit: ULQ (11), EIP (11), BAN (11), FAA (10), PLX (10)

6.3.4 Modular Matrjoschka [MOM]

Das Muster *Modular Matrjoschka* entstammt einem der Grundprinzipien des TRIZ ('Prinzip der Steckpuppe'), wie es in den Fünfziger Jahren von Altschuller et al. in Russland begründet wurde [Altschuller, 1986]. Dies beschreibt eine klassische musterbasierte Anwendung wiederkehrender Problem- und Lösungsbeschreibungen. Im urbanen Kontext übersetzt dies den Ansatz der nahtlosen Integration einzelner Subsysteme ineinander. Beispiele dafür ist die Strukturgeometrie des spätmittelalterlichen Edo (heute Tokio), das von der Tatamimatte bis zur Organisation eines Wohnblocks aufeinander abgestimmt war. Moderne Beispiele hierfür sind (funktions)integrierte Lösungen wie urbane Dachgewächshäuser, modulare Umnutzungskonzepte für heutige Park- und Stellplätze (vgl. SFPark, San Francisco), Innenraumnutzungen (z.B. Packstationen im Einzelhandel) oder das Superblocks-Prinzip in Barcelona als räumliche Hochskalierung.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
räumlich	20	46%	79%	88%	33%
hoher Zusammenhang mit: UEF (7), LSP (5), FAA (5), PDR (4)					

6.3.5 Urban Quality Improvement [UQI]

Das Muster *Urban Quality Improvement* wurde im 'Pattern Mining' am häufigsten identifiziert und beschreibt den Fall bzw. das Versprechen, durch eine urbane Innovation eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität in einer Stadt zu erreichen. Dies kann dabei durch mehr Sicherheit, mehr Sauberkeit, mehr Attraktivität, besseren Verkehrsfluss, direktere Demokratie oder eine Vereinfachung vorher aufwändiger Prozesse für die Bürgerschaft erfolgen - die Effekte sind somit direkt spürbar, politisch mehrheitsfähig und im Einklang mit dem allgemeinen Streben einer Stadt, als attraktiver Wohn- und Arbeitsort (vgl. weiche Standortfaktoren) zu gelten. Rückblickend ist dieses Muster oft ein 'Vertriebsinstrument' in der Überzeugung wichtiger Entscheidungsträger, welches dieses Versprechen jedoch nicht immer einhält. Positive Beispiele hierzu sind kostenloser Nahverkehr (Hasselt, 1997) als Service-Innovation, die Einführung von Ampeln zur Erhöhung der Verkehrssicherheit (London, 1868) oder die ersten BRT zur Gewährleistung schneller Verkehrswege (Liege, 1964). Nicht erfülltes 'Versprechen' ist z.B. das e-Roller-Sharing, was nachhaltige Mobilität auf der letzten Meile unterstützen sollte, aber eher zu mehr Problemen im Straßenverkehr führte (Santa Monica, 2017).

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
räumlich	40	96%	72%	85%	54%
hoher Zusammenhang mit: PLX (15), DAL (12), EIP (12), FAA (10)					

6.4 Klasse 3: relationale Muster [T]

Die Klasse der relationalen Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über akteursbezogene Aspekte und damit Beziehungsgeflechte zwischen Akteuren definieren. Im Hinblick auf eine relationale Soziologie wird dabei den Beziehungen zwischen Individuen oder Entitäten eine größere Bedeutung zugesprochen [Tilly, 2002]. Bei urbanen Innovation wird dies institutionellen Innovationskulturen, bürgerinitiierten Finanzierungsmodellen, Führungseigenschaften von Entscheidungsträgern, Wissenschafts- oder Wirtschaftsakteuren zugeordnet.

6.4.1 Innovation Culture + Agencies [ICA]

Über die empirische Untersuchung hinweg finden sich wiederkehrende Ansätze, in denen zwei Aspekte meist beim Muster *Innovation Culture + Agencies* in einer Wechselwirkung

bestehen: zum einen eine offene urbane Innovationskultur, um ein förderliches Umfeld zu schaffen, in dem Innovationen überall stimuliert, unterstützt, sozialisiert, aufgebaut und getestet werden können [Köhler, 2017]; zum anderen Innovationsagenturen als institutionelle Akteure (Institutional Theory) mit einer politischen Missionsorientierung, sektorübergreifender Vernetzung, eigenen Budgets, Instrumenten und Organisationsstrukturen [vgl. Abdelnour, 2017]. Beide Aspekte können auch informelle Strukturen aufweisen und im urbanen System sozio-kulturell verankert sein. Neuere Beispiele hierfür sind das erste 'Public Innovation Center' (Boston, 2013), der erste Bitcoin-Kiez (Berlin, 2014) oder erste Daten-Dashboards (Amsterdam, 2014). Zusätzlich finden sich historische Beispiele im 19./20. Jahrhundert, deren Planung und Realisierung strukturelle Merkmale einer Innovationskultur und deren Förderung (Römerstadt, 1930; Hobrecht-Plan, 1862) aufweisen - entweder gesamtstädtisch oder auf Quartiersebene.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	13	36%	82%	83%	18%
hoher Zusammenhang mit: PLX (6), PTP (6), FAA (4)					

6.4.2 Citizen Crowdfunding [CIC]

Das Muster *Citizen Crowdfunding* bezieht sich im wesentlichen auf das Aufkommen plattformbasierter Finanzierungsoptionen, um gesellschaftliche (Co-)Finanzierung für urbane Projektrealisierungen zu aktivieren. Gewöhnlich nutzt es eine größere Anzahl ('crowd') von privaten Unterstützern, meist ohne Einbezug institutioneller Finanzierer [Baccarne, 2020]. Auch historische Beispiele für Parks, Museen oder Krankenhäuser finden sich in der Literatur [IDB, 2013]. Moderne Beispiele, die empirisch erfasst wurden, sind unter anderem temporäre Installationen (Bristol, 2014), Fahrradinfrastruktur (Rotterdam, 2015), großflächige PV-Anlagen (Lyon, 2019) bis hin zu kompletten Immobilienprojekten (Bogota, 2022). Damit stellen 'crowdfinanzierte' Infrastrukturen im urbanen Systeme eine soziale Innovation dar, die neue Aspekte von Partizipation, Bedarfsorientierung und Nachhaltigkeit für urbane Transformation aufweisen.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	9	23%	71%	78%	16%
hoher Zusammenhang mit: PTP (4), FRI (4), ICA (3), BAN (3), PPI (3)					

6.4.3 Power to the People [PTP]

Das Muster *Power to the people* beschreibt die Strategie, in einer sehr frühen Phase die Gesellschaft einzubeziehen oder sogar direkt Innovationen aus der Gesellschaft zu

ermöglichen bzw. zu fördern. Oft geht diesem Ansatz eine 'Aneignungs-' oder Experimentierphase voraus, in der soziale oder technische Innovationen für einen gewissen Zeitraum geduldet oder getestet werden. Nach einer solchen Phase können dann positive Erfahrungen ausgewertet und langfristig verstetigt werden. Ein umfangreiches Beispiel für dieses Muster war das *Suwon Ecomobility Festival* in 2013 in Südkorea mit über 5.000 Menschen, die einen Monat lang emissionsfrei mobil waren. Auch informelle Ansätze wie von Collectif Etc in *Saint-Etienne* zur bewohnerzentrierten Umgestaltung einer innerstädtischen Brachfläche als urbaner Park oder des *Quartyard* als gemeinschaftlicher Sozialraum in San Diego, USA sind hier zuzuordnen.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	22	56%	73%	86%	39%
hoher Zusammenhang mit: BAN (8), PLX (6), ICA (6), UQI (5), UEF (5)					

6.4.4 Political Leadership Expertise [PLX]

Das Muster *Political Leadership Expertise* beschreibt die Relevanz von politisch wirkenden Entscheidungsträgern, die sich selbst fachlich mit Innovationen und deren Einführung befassen, entsprechende fachliche Kompetenz aufweisen oder als Visionäre ein klares strategisches Ziel verfolgen. Dabei stellen auch vorhandene Netzwerke mit der Wissenschaft oder Wirtschaft eine wichtige Bezugsgröße dar. In der Literatur wurden diese als Sondersituationen dargestellt, 'in der die Innovationsbarrieren von Verwaltung übersprungen werden und diese durch Charisma ersetzt werden' [vgl. Sahr-Pluth, 2007]. Ein historisches Beispiel hierfür sind die Brüder James und Arthur Hobrecht, der eine ab 1872 Oberbürgermeister von Berlin, der andere ab 1873 als Stadtbaurat Berlins für die Ausführung des Hobrecht-Plans mit Europas modernstem Kanalisationssystem zuständig. Weitere Ausprägungen sind *Jaime Lerner*, brasilianischer Stadtplaner und für 15 Jahre Bürgermeister der Stadt Curitiba, oder *Michael Unterguggenberger*, ab 1931 Bürgermeister der Gemeinde Wörgl.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	38	98%	61%	88%	48%
hoher Zusammenhang mit: UQI (14), DAL (11), LSP (8), EIP (8), NSE (7)					

6.4.5 Local Science Push [LSP]

Das Muster *Local Science Push* ist in mehreren Städten mit angewandten forschenden und wissenschaftlichen Institutionen aufzufinden. Es beschreibt die Einführung von Innovationen als 'Push' aus akademischem Erkenntnisinteresse, beispielsweise für die Entwicklung und Erprobung von neuen Infrastrukturen oder Dienstleistungen. Dabei kann

es sich um konventionell geförderte Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte handeln, oder um geplante Verwertungs- oder Ausgründungsaktivitäten. Moderne Beispiele dafür sind das On-Demand-Mobilitätsangebot *Kutsuplus* in Helsinki, welches von der Informatikfakultät der Aalto Universität 2012 initiiert wurde, oder das Projekt *First Mover* in Berlin auf dem EUREF-Campus ab 2016 [VDV, 2021]. Die Grenzen zum Muster *Enterprise-Push* sind dabei zum Teil fließend, wenn Konsortien aus Wissenschaft und Wirtschaft kooperieren. Ein weiteres Merkmal ist die lokale Präsenz und Tätigkeit von Hochschulen oder Forschungseinrichtungen vor Ort, also in direkter Nähe.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	29	71%	53%	89%	38%
hoher Zusammenhang mit: BAN (9), PLX (7), CTT (6), UQI (6)					

6.4.6 Enterprise Innovation Push [EIP]

Das Muster *Enterprise Innovation Push* basiert auf der Eigenschaft lokaler Unternehmen, den eigenen Unternehmensstandort als dominantes Testfeld und zur Markteinführung neuer Produkte oder Dienstleistungen im urbanen System zu nutzen. Dabei ist von Bedeutung, welcher Bereich eines Unternehmens vor Ort ansässig ist. Beim Beispiel *car2go* in Ulm war es die IT-Forschungsabteilung TSS von *Mercedes-Benz*, also 80km entfernt vom Hauptsitz in Stuttgart, in Berlin entstand 1897 der erste U-Bahntunnel durch *AEG* für die Verbindung zweier Werke und in München 2003 die erste LED-Straßenbeleuchtung durch *Osram* am Hauptsitz. Oft gehen diese Innovationen mit der politischen Nähe der lokalen Wirtschaft, beispielsweise in Gremien oder lokalen Netzwerken einher. Ökonomisch ist dies vergleichbar mit räumlichen Spillover-Effekten [Henderson, 2007], also positiven 'Auswirkungen' innovationsorientierter Unternehmen auf die Innovationsleistung einer Stadt.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
relational	33	90%	52%	88%	56%
hoher Zusammenhang mit: UQI (13), DAL (11), FAA (10), PLX (9)					

6.5 Klasse 4: evolutionäre Muster [E]

Die Klasse der evolutionären Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über technologische Struktureigenschaften und damit zeitliche Veränderungen von oder zwischen Technologieentwicklungen definieren. Dies umfasst beispielsweise Technologiesprünge als Paradigmenwechsel, das Vorhersehen zukünftiger Technologieanforderungen an Infrastrukturen, die Kombination mehrerer Technologien und das Ersetzen oder das Nachahmen bestehender Strukturen.

6.5.1 Paradigm Shifting [PAS]

Das Muster *Paradigm Shifting* beschreibt die besondere Situation einer Innovation, die ein bahnbrechendes neues Prinzip demonstriert, was zuvor in Gesellschaft und Politik nicht wahrgenommen wurde. Solche Muster machen ein neues Paradigma möglich für die Allgemeinheit, was vorher als unmöglich gesehen wurde: beispielsweise erstmals schneller als 20km/h zu fahren (Eisenbahn), über große Distanzen zu kommunizieren (Telegraf) oder nachts hell erleuchtete Straßen (Beleuchtung). Dabei überwiegt der Neuheitsgrad und der Sensationscharakter einer Innovation, die hierdurch hohe Aufmerksamkeit erhält und oft ein Sinnbild für den technischen Fortschritt und Zukunftsorientierung einer Stadt darstellt.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
evolutionär	18	41%	41%	98%	86%

hoher Zusammenhang mit: LSP (6), PLX (5), UQI (4), EIP (4), DAL (4)

6.5.2 Technology Evolution Anticipation [TEA]

In der Regel werden urbane Räume für den aktuellen Stand der Technik geplant und realisiert. Das Muster *Technology Evolution Anticipation* berücksichtigt als Lösungsansatz bereits in der Planung technologische Innovationen, die erst in der Zukunft marktgängig sein werden, oder deren Lebenszyklus. Damit besteht eine erhöhte Anpassungsfähigkeit gebauter Strukturen an Veränderungsprozesse oder sogar ein 'Überspringen' bestimmter Phasen (vgl. Leapfrogging). Als historisches Beispiel auf Ebene der Masterplanung einer ganzen Stadt ist Barcelona bzw. Eixample einzuordnen, wo bereits 1859 durch Ilfonso Cerdá abgekanntete Blockstrukturen für die spätere Integration von ebenerdigen Straßenbahnen mit größeren Kurvenradien und erhöhte Geschwindigkeiten vorgesehen wurden - zwölf Jahre vor der Einführung der ersten motorgetriebenen Tram. Technologisch ist dies vergleichbar mit der technologischen Vorrüstung moderner PKW (z.B. Tesla) für zukünftige Anwendungen/Funktionen (= Antizipation). Auch die Römerstadt (Frankfurt, 1930) als erste vollektrifizierte Siedlung legte technische Grundlagen für spätere Technologien im Haushalt. Moderne städtebauliche Beispiele für dieses Muster sind oft auf Quartiersebene zu finden, beispielsweise bei 'Patrick-Henry-Village' (Heidelberg) oder 'Helmond Smart District' (Helmond).

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
evolutionär	9	21%	29%	86%	100%

hoher Zusammenhang mit: EIP (4), PAS (3)

6.5.3 Combine two technologies [CTT]

In der Natur und Biologie entsteht Evolution meist durch zwei Faktoren, entweder durch Mutation oder durch Rekombination [vgl. Durand, 2022]. Das Muster *Combine two technologies* für urbane Innovation bezieht sich dabei auf zweiteres und beschreibt positive Entwicklungen, die gezielt durch Kombination von zwei bereits vorhandenen Basistechnologien eine urbane Innovation darstellen. Dabei entstammen die Komponenten meist aus unterschiedlichen bzw. stadtfernen Domänen und werden somit erst für den urbanen Einsatz 'übersetzt'. Beispielsweise wurde die erste U-Bahn der Welt (London, 1863) mit damaligen Technologien des Bergbaus (= Tunnelbauweise) und der oberirdischen Fortbewegung, der gerade dreißig Jahre alten Dampflokomotive 'konstruiert'. Das erste Vakuumsammelsystem in einem Wohnquartier (Stockholm, 1967) kombinierte vorige Technologien von zentralen Staubsaugsystemen mit moderner Gebäudetechnik aus Krankenhäusern. das erste FabLab (Boston, 2002) neue 3D-Drucktechnologie mit vorhandenen Werkstätten und CAM-Technologien. Generell wird mit diesem Muster der Ansatz beschrieben, vorhandene Technologien neu und über bisherige Anwendungsfelder hinweg zu kombinieren. Dies setzt wiederum interdisziplinäres und kreatives Denken bei Planern, Entwicklern und Entscheidern urbaner Innovationen voraus.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
evolutionär	15	36%	53%	88%	54%
hoher Zusammenhang mit: DAL (6), BAN (6), LSP (6), UEF (4)					

6.5.4 Familiar Re-Interpretation [FRI]

Viele Innovationen basieren auf Komponenten, die bereits gesellschaftlich oder technisch etabliert sind - entweder zeitlich oder in einem anderen Kontext. Das Muster *Familiar Re-Interpretation* fasst hierzu diejenigen Ansätze zusammen, die sich vorhandener Technologien oder Phänomene bedienen und kulturell vertraut (= familiär) sind [vgl. Rogers, 2003]. Fallbeispiele hierfür sind die erste innerstädtische Seilbahn als öffentlicher Nahverkehr (Medellin, 2004), die auf vorangegangenen Erfahrungen mit kabelgebundenen Transportmitteln der dortigen Landwirtschaft aufbauen, die erste U-Bahn (London, 1863) mit etablierten Technologien des Bergbaus oder erste elektrische Straßenbeleuchtungen (Paris, 1878) im Design 'alter' Entwürfe von Gaslampen. Ähnliches lässt sich auch bei technologischen Transitionen bestimmen wie dem Übergang von der Kutsche zum Automobil, vom Segelschiff zum Dampfschiff oder Hochhäusern im Klassizismus. Prägend für dieses Muster ist das 'Erkennen' (Imitation) und 'Übersetzen' (Translation) der geeigneten etablierten Praktiken, Techniken oder Denkweisen, die hinreichenden Kontext und Relevanz aufweisen können für darauf aufbauende urbane Innovationen.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
evolutionär	18	41%	57%	91%	60%
hoher Zusammenhang mit: EIP (6), CIC (4), LSP (4)					

6.5.5 Old Legacy Detachment [OLD]

Das Muster *Old Legacy Detachment* beschreibt die Situation, wenn sich eine urbane Innovation die vorangegangenen Flächen, Strukturen oder Abläufe als 'Vermächtnis' im technischen Wandel zunutze macht und damit einen relativen Vorteil aufbauen kann für Innovation und Diffusion. Dies hängt oft von den Ressourcen ab, die die vorangegangene Infrastruktur hinterlässt. Ein historisches Beispiel hierfür ist das 'Schleifen' von Stadtmauern aufgrund veränderter Politik und Sicherheitsarchitekturen, auf dessen Trassen sich dann im großen Stil elektrische Straßenbahnen positionieren konnten. Ähnlich konnte sich NYC.Link als digitale Wifi-Kiosks auf den Flächen nicht mehr benötigter Telefonzellen in der New Yorker Innenstadt, technologisch vergleichbar mit neuen Mobilfunkantennen anstelle von veralteten Sirenenmasten, durchsetzen. Im Vordergrund steht hier das konkrete 'Ablösen' einer etablierten Infrastruktur durch urbane Innovationen und weniger die nachträgliche 'Integration' als Unterschied zum Muster MOM.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
evolutionär	16	37%	52%	80%	61%
hoher Zusammenhang mit: UQI (8), PLX (5), BAN (5), LSP (4)					

6.6 Klasse 5: operationale Muster [O]

Die Klasse der operationalen Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über betriebliche oder lebenszyklusbezogene Aspekte von Innovationen definieren (eng. Betrieb = Operations). Dieser Klasse sind Muster zugeordnet, die frühzeitig alternative Investitionsmodelle berücksichtigen, den Nutzer oder bestimmte Nutzergruppen ins Zentrum der Funktion stellen oder neuartige Kooperationen von Planung bis in den Betrieb verfolgen.

6.6.1 Start with Premium [SWP]

Das Muster *Start with Premium* hat seine wesentlichen Ursprünge in anderen Konsumentenbranchen, lässt sich aber ebenfalls bei urbanen Innovationsprozessen wiederfinden. In der Automobilbranche werden neue Funktionen als Innovationen meist zuerst in den Oberklassefahrzeugen eingeführt, bevor sie später 'mainstream' und kostengünstiger für die breite Anwendung werden. Dies lässt sich bei Marken wie Mercedes-Benz oder Tesla gut verfolgen. Im urbanen System gibt es hierzu zahlreiche Beispiele wie der erste

Personenaufzug 1857 in einem Hotel am Broadway, die erste privilegierte Pferdebahn in Wien, die ersten Fahrradwege für elitäre Vereine ab 1880 (z.B. League of American Wheelmen) oder die erste mechanische Parkuhr vor Modegeschäften in der Innenstadt Oklahomas 1935. Diese Beispiele wurden zuerst im Premium-Kontext pilotiert, ehe sie den Weg in die breite Anwendung fanden. Zu beachten ist dabei die Balance zwischen diesem Muster und sozialer Gerechtigkeit in der zeitlichen Diffusion für alle Einkommensgruppen einer Stadt.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
operational	18	34%	42%	94%	86%
hoher Zusammenhang mit: EIP (6), UQI (5), UEF (5), BAN (4)					

6.6.2 One Zero Off [OZO]

Das Muster *One Zero Off* ist zu großen Teilen auf die Entwicklungen von Curitiba in den Siebziger Jahren zurückzuführen - damals unter Jaime Lerner als Bürgermeister und fachkundigem Stadtplaner. In dieser Zeit wurde die Stadt zu einem weltweiten Erfolgsbeispiel für gelungene Transformation und nachhaltige Entwicklung. Er prägte das Zitat [Zhou, 2021]: 'If you want creativity, take a zero off your budget. If you want sustainability, take off two zeros.' Im Kern geht es darum, kreative und vor allem schnelle Lösungen für drängende Probleme zu finden, die erst durch reduzierte Budgets offensichtlich werden. Beispiele hierfür sind der Ausbau von Infrastruktur für Bus Rapid Transit (BRT) oder der Einsatz von Schafherden zur Bewirtschaftung städtischer Grünflächen. Dieses Muster adressiert somit auch aktuelle Trends im Bereich frugaler Innovationen als eher nicht-technologische und damit oft kostengünstige Lösungen in wachsenden Märkten [Wohlfarth, 2019].

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
operational	9	23%	100%	84%	32%
hoher Zusammenhang mit: PLX (3), CPO (3), MOM (3), PDR (3)					

6.6.3 User experience first [UEF]

Das Muster *User Experience First* basiert auf Grundprinzipien der Produktgestaltung, welche alle Eindrücke und das Erlebnis eines Nutzers bei der Interaktion mit einem Produkt, Dienst, einer Umgebung oder Einrichtung umfasst (vgl. DIN EN ISO 9241). Nutzerzentriertes Design gilt dabei als ganzheitlicher Ansatz zur Gestaltung akzeptierter Stadtsysteme mit dem Ziel, eine optimale 'User Experience' zu erreichen. Während in der Vergangenheit einerseits Ablehnung gegenüber urbanen Innovationen wie der Kanalisation, der elektrischen Straßenbeleuchtung, Hochhäusern oder der Straßenbahn

entgegengebracht wurde, gibt es andererseits Beispiele, die von Anfang an das Nutzererlebnis - bewusst oder unbewusst - in den Vordergrund stellten: die erste vollektrifizierte Wohnsiedlung Römerstadt in Frankfurt, NYC.Link als kostenlose Informationsinfrastruktur oder historische Badeanstalten für ein neues Nutzerangebot. Der Mehrwert für den Nutzer stellt dabei stets eine wichtige Einflussgröße für Innovation und Diffusion dar.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
operational	28	72%	93%	62%	55%
hoher Zusammenhang mit: DAL (11), FAA (8), MOM (7), UQI (6)					

6.6.4 Public-Private Innovation Partnership [PPI]

Erfolgreiche Kooperationen zwischen privatem Sektor und öffentlicher Hand gibt es bereits seit mehreren Jahrhunderten für Errichtung und Betrieb öffentlicher Infrastrukturen. Eine einheitliche Definition hinsichtlich der entscheidenden Merkmale existiert dabei nicht. Die OECD definiert PPPs als langfristige vertragliche Vereinbarungen zwischen einer Verwaltung und einem oder mehreren privaten Partnern, wobei letzterer öffentliche Dienstleistungen unter Verwendung eines Kapitalvermögens erbringt, finanziert und die damit verbundenen Risiken teilt [OECD, 2012]. Ziel einer Innovationspartnerschaft ist die Entwicklung innovativer Produkte, Dienstleistungen oder Bauleistungen und der anschließende Erwerb oder Betrieb [UK, 2015]. Das Muster *Public-Private Innovation Partnership* bezieht sich somit auf urbane Innovationen, die gemeinsam von beiden Sektoren (ggf. auch in Kombination von ziviler Co-Finanzierung) konzipiert, entwickelt und pilotiert werden. Historische Beispiele hierfür sind die erste Straßenbahn als öffentlich-private Unternehmung (NYC, 1832) oder der erste Radweg (NYC, 1894), ebenso das erste 'Freefloating Carsharing' (Ulm, 2008). Allerdings finden sich auch negative Beispiele dieses Musters für gescheiterte Innovationen, die als Anti-Muster definiert werden. Entscheidend für langfristigen Erfolg scheint somit die optimale Auslegung der Kooperationsdetails zwischen den Beteiligten zu sein.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
operational	17	47%	77%	95%	31%
hoher Zusammenhang mit: PLX (6), NSE (5), LSP (4), EIP (4), DAL (4)					

6.6.5 Free Access for All [FAA]

Bei Geschäftsmodell-Innovationen (BMI) beschreibt ein Freemium-Modell die kostenlose Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung in eingeschränkter Funktion [Czik, 2015]. Im Kontext urbaner Innovationen beschreibt das Muster *Free Access for All* einen ähnlichen Ansatz, der allerdings weniger auf den einzelnen Nutzer, sondern

mehr auf den Zugang für die gesamte Stadtgesellschaft abzielt. Dies hat vor allem durch das Aufkommen des Internets und der Sharing Economy eine hohe Dynamik erfahren. Generell beschreibt das Muster damit das Öffnen einer urbanen Innovation für die breite Masse in Verbindung mit kostenlosen oder sehr geringen Gebühren. Als klassisches modernes Beispiel sind kostenloses W-LAN im öffentlichen Raum zu nennen (Jerusalem, 2004), fast alle Sharing-Angebote (z.B. Zugang zu privaten Fahrzeugen), die ersten Packstationen als kostenlose Service-Innovation für Paketabholungen 24/7 (Dortmund, 2001) oder historisch die ersten Telefonzellen (New Haven, 1878) mit der Möglichkeit für alle, Ferngespräche zu führen. Neben der grundsätzlichen Bereitstellung spielt dieses Muster oft auch für gesellschaftliche Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit in den Pilotnutzungen eine nicht unerhebliche Rolle.

Klasse	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Stadtgröße (relativ)	Verbreitung (relativ)	Alter (relativ)
operational	28	68%	63%	85%	44%

hoher Zusammenhang mit: DAL (11), UQI (10), EIP (9), UEF (8)

6.7 Klasse 6: subjektive Muster [S]

Die Klasse der subjektiven Muster umfasst diejenigen Muster, die sich vorrangig über die besonderen Eigenschaften von Städten als Subjekte (= Gegenstand des Handelns, lat. *subiectum*) im Innovationssystem definieren. Hierauf bezieht sich eine Anzahl von Mustern, die sich direkt aus der Innovationsleistung einer einzelnen Stadt, z.B. München als häufiger 'Early Adopter', herleiten lassen und damit auch auf andere Städte als Typus übertragbar sind.

6.7.1 Urban Innovation Acceleration [UIA]

Das Muster *Urban Innovation Acceleration* verweist auf die anhaltende Beschleunigung von urbanen Innovationszyklen in der modernen Stadtentwicklung. Während sich im 18. Jahrhundert urbane Innovationen nur langsam verbreiteten (teilweise über mehrere Jahrzehnte), hat diese Diffusionsgeschwindigkeit kontinuierlich zugenommen, so dass im 21. Jahrhundert bei den erfassten Innovationen Zeiträume von weniger als fünf Jahren im Mittel von der ersten bis zur zehnten Stadt vorliegen [Braun, 2021]. Beispielsweise dauerte die Verbreitung der ersten U-Bahn 34 Jahre bis zur fünften Stadt, moderne e-Scooter-Services weniger als zwei Jahre und Plattformlösung bei gleichzeitig exponentieller Entwicklung. Dies hat entscheidende Konsequenzen für eine zukunftsorientierte Stadt- und Raumplanung, erfordert es doch ein neues Verständnis zur Innovationsfrüherkennung und das Vorhalten geeigneter Raumstrategien einer technologieoffenen Stadtentwicklung [ebd.].

6.7.2 London Powerhouse [LOP]

Das Muster *London Powerhouse* beschreibt die einzigartige Innovationsleistung einer einzelnen Stadt in einem globalen oder regionalen Stadtsystem. In der Diffusionsanalyse hat sich dabei die Stadt London als globale Metropole sowie Machtzentrum des heutigen Commonwealth und früheren Britischen Weltreichs herausgestellt. Bei Typ.1-Innovationen weist die Stadt mehr als das Doppelte auf im Vergleich zu den nächstfolgenden Städten (Fast ein Fünftel aller erfassten urbanen Innovationen entstanden in London). Auch bei Typ.2+3-Innovationen für frühe Adoptionen liegt die Stadt fast an der Spitze nach New York City und Berlin. Ein deutliches Nachlassen ist erst bei Typ.4-Innovationen gegenüber dem Umfeld zu erkennen. Dieses Muster belegt die besondere Innovationsfähigkeit einer einzelnen Stadt im Kontext mit den richtigen Einflussgrößen und Rahmenbedingungen.

6.7.3 New York Next [NYX]

Das Muster *New York Next* steht in Zusammenhang mit der Fähigkeit einer Stadt, weniger Typ.1-Innovationen hervorzubringen, sondern viel mehr diese in kürzester Zeit als zweite oder dritte zu adaptieren. Die Stadt New York City galt für die westliche Welt über Jahrhunderte als Eintrittstor in die USA und hat in dieser Zeit die meisten Typ.2-Innovationen (33) realisiert. Gleichzeitig waren Typ.1-Innovationen sowie Typ.3+4-Innovationen in diesem Zeitraum überschaubar. Die Stärke zeigt sich als schneller 'Adopter' mit einem sehr breiten und heterogenen Spektrum an 'Innovatoren' aus der ganzen Welt (Großstädte aus Europa, aus Asien, Kleinstädte aus USA etc.). Die Leistung ist dabei auch mehrfach in mehreren Zeitabschnitten erkennbar und nicht nur in einer einzelnen Phase.

6.7.4 Munich Shuffle [MUS]

Das Muster *Munich Shuffle* beschreibt die Besonderheit der Stadt München, in der bisherigen Geschichte am häufigsten urbane Innovationen in den 'Spätphasen' adoptiert und sich damit erfolgreich entwickelt zu haben. Diese umfassen mehr als ein Drittel (36%) aller Diffusionsprozesse für die Stadt München, während Typ.1-Pilotierungen nur einen sehr geringen Teil (4%) ausmachen. Damit ist es eine Abwandlung von 'New York City Next' mit späterem Diffusionszeitpunkt. Dieses Muster kann auch als unabsichtlicher Erfolgsfaktor gelten, wenn beispielsweise wie bei der Abschaffung der Straßenbahn (Tram) so lange daran festgehalten wurde, bis diese Mitte der Neunziger Jahre ein Revival erlebten und damit eine verspätete Re-Innovation für das Leitbild nachhaltiger Mobilität darstellen. Generell lässt sich daraus ableiten, dass auch ein 'Zu spät sein' für urbane Innovationen manchmal von Vorteil sein kann und durch weniger radikale Innovationen ebenso Fortschritt erzielt.

6.7.5 San Francisco Gambit [SFG]

Das Muster *San Francisco Gambit* bezieht sich auf eine unerwartete und vor allem erfolgreiche Innovationsleistung innerhalb kurzer Zeit. Die Stadt San Francisco belegt in der gesamten Wertung eine UI-Rate von 35%, obwohl sie bis Ende des 20. Jahrhundert kaum als Innovator hervortrat. Seit 2000 hat die Stadt jedoch weltweit die meisten Typ.1-Innovationen hervorgebracht - und liegt damit im Gesamtzeitraum nach London und noch vor Paris. Auffallend ist dabei die starke Fokussierung auf Typ.1-Innovationen und wenig Adopter-Innovationen (40% aller erfassten Innovationen). Nicht ganz zufällig scheint dieses Muster zeitlich von der Entwicklung des Silicon Valley in der digitalen Transformation und einer weltweit einzigartigen Dichte an Technologieunternehmen beeinflusst zu sein.

Das nachfolgende Schaubild (siehe Abbildung 6.2) zeigt exemplarisch die 'Performance' der namensgebenden Städte London, München und New York dar.

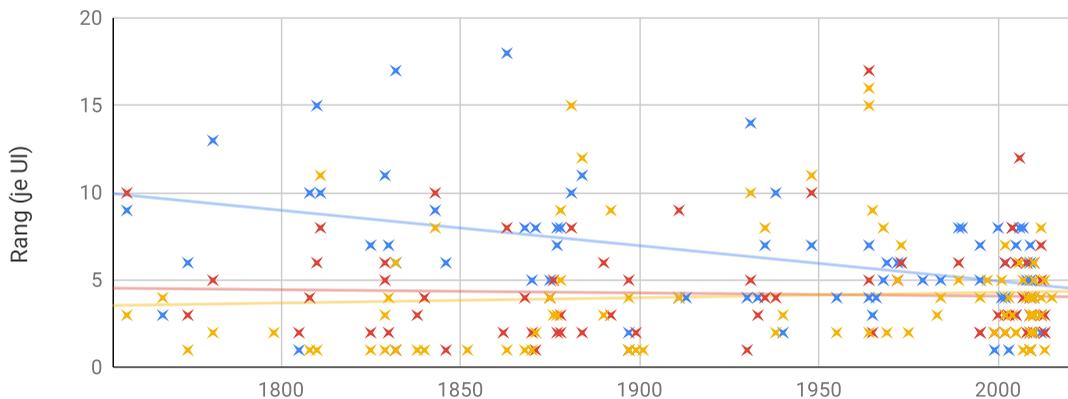


Abbildung 6.2: Veranschaulichung der subjektiven Muster für die Städte London (gelb), München (blau) und New York (rot)

6.8 Klasse 7: Anti-Muster [A]

Die Klasse der Anti-Muster umfasst diejenigen Muster, die vorrangig als vermeintliche Lösungsansätze ungünstig oder schädlich für den Erfolg eines Projektes oder einer Organisation sind. Ein vergleichbares Beispiel in der Software-Entwicklung ist das Muster 'Spaghetti Code' für eine unübersichtliche Programmierung. Für urbane Innovationen sind hier Ansätze formuliert, die rechtliche Rahmenbedingungen übersehen oder fehlende Schnittstellen für späteren Erfolg aufweisen.

6.8.1 Legal Framework Idleness [LFI]

Das Anti-Muster *Legal Framework Idleness* beschreibt diejenigen Fälle von urbanen Innovations- und Diffusionsprozessen, in denen das Fehlen des erforderlichen Rechtsrahmens zum Scheitern geführt hat. Als Anti-Muster wirkt es negativ auf Veränderungsprozesse. Dies ist besonders bei Nischen-Innovationen der Fall, in denen der regulatorische Rahmen keine Berücksichtigung neuer Praktiken oder Geschäftsmodelle findet. In Abgrenzung zum Muster *Performative De/Regulation*, welches die positive Rechtsauslegung oder innovationsförderliche Regulierung oder Deregulierung umfasst, ist hierbei das Fehlen oder die Trägheit (= idleness) relevanter Mechanismen entscheidend. Besonders häufig ist dieses Anti-Muster im Mobilitätssystem vorzufinden, wobei innovative Fahrzeugkonzepte (vgl. ARAMIS, Connexion, Clevershuttle) im geltenden Verkehrsrecht keine Durchdringung erreichen können oder im Pilotstatus verharren. Angesichts von Pilotprojekten spielt somit der Faktor Zeit, bis der Rechtsrahmen für urbane Innovationen 'adaptiert', eine Rolle.

6.8.2 Social Technology Scepticism [STS]

Das Anti-Muster *Social Technology Scepticism* stellt den empirischen Nach- bzw. Gegenbeweis des 'Technology Acceptance Model' (TAM) von Davis dar, der die wahrgenommene Nützlichkeit und Anwendbarkeit als dominante Einflussfaktoren definierte [vgl. Davis, 1989]: Als wiederkehrendes Prinzip werden dabei urbane Innovationen im Stadtsystem von Teilen der Gesellschaft von vorne herein abgelehnt oder nicht akzeptiert. In den Datenbanken wurden hierzu Fälle wie die ersten elektrischen Straßenbeleuchtungen in Köln als 'moralisch verwerflich' (Köln, 1819), die erste Pariser Kanalisation als 'krankmachend', die ersten Hochhäuser in Helsinki als 'Schande' oder elektrische Straßenbahnen in New York City als 'gefährlich' identifiziert [Leven, 1997; Torni, 2002; dpa, 2007]. Dabei kam Ablehnung von verschiedenen städtischen Akteure, von der Presse über betroffene Berufsgruppen und Anwohner bis zur Lokalpolitik. Entscheidend in der Überwindung oder Antizipation dieses Anti-Musters sind frühzeitige Partizipation und Co-Design vor der Einführung von Innovation.

6.8.3 Short Viable Product [SVP]

In Anlehnung an den Begriff des 'Minimum Viable Product' aus der Unternehmensgründung (vgl. Lean Startup) mit iterativem und kundenzentriertem Testen und schlanken Prozessen [Ries, 2014] wird hierbei auf einen unzureichenden oder 'kleinwüchsigen' (= short) MVP im negativen Kontext verwiesen. Das Anti-Muster *Short Viable Product* umfasst diejenigen Aspekte urbaner Innovationsprozesse, bei denen zu großer Fokus auf technologische Machbarkeit bzw. Technologie generell und zu wenig Fokus auf Anpassungsfähigkeit und Technologieoffenheit gelegt wird. Dadurch werden zu Beginn 'Webfehler' eingeführt, die eine spätere Skalierung oder Replikation der urbanen Innovation beeinträchtigen. Die Konsequenzen dieses Anti-Musters zeigen sich dabei oft erst

über einen längeren zeitlichen Verlauf. Sie können auch mit dem zu frühen Reifegrad von Technologien (TRL) zusammenhängen. Beispiele dafür sind die Mekarski-Tram (1876), die Natron-Lokomotive (1884) oder der Pneumatic Beach Transit (1870), die zwar erfolgreich pilotiert wurden, aber aufgrund fehlender Anpassungsfähigkeit und technischen Limitationen keine dauerhafte Anwendung fanden.

6.8.4 Missing Urban Interfaces [MUI]

Das Anti-Muster *Missing Urban Interfaces* findet sich bei denjenigen gescheiterten Innovationen im Stadtsystem, welche keine Kompatibilität oder Integrationsfähigkeit mit dem Kontext aufweisen konnten. Durch fehlende Schnittstellen mit bestehenden Infrastrukturen oder der gebauten Umgebung können zwar Testaufbauten oder technische Piloten durchgeführt werden, die oft vermeintliche Erfolge darstellen, aber nicht die erforderliche Kompatibilität berücksichtigen. Damit stellt das Anti-Muster eine Art Gegenstück zum Muster *Modular Matryoshka* dar, welches genau diese nahtlose Integration als Vorteil nutzt. Als Beispiele sind hier gescheiterte Projekte wie das PRT-System von Masdar City (MIV-Hubs), Metastadt in Wulfen (Bauphysik) oder das Projekt ARAMIS (Ultraschall-Kupplungen) im Großraum Paris aufzuführen, in denen der 'Anschluss' an bestehende Stadtsysteme aus diversen Gründen nicht berücksichtigt wurden und damit im Verlauf auch nicht verbunden werden konnten.

7 Diskussion der Ergebnisse

In Kapitel 7 werden die praxisbezogene Einordnung und Relevanz der Forschungsergebnisse, die Diskussion des wissenschaftlichen Beitrags für entsprechende Forschungsdisziplinen, die rückblickende Reflektion der gewählten Forschungsstrategie, Limitationen und zukünftiger Forschungsbedarf sowie eine abschließende Bewertung als Ausblick der Arbeit beschrieben. Dabei wird inhaltlich der Bezug zu der in Kapitel 1 benannten Forschungslücke, der in Kapitel 2 untersuchten Fachliteratur zur Eingrenzung des Forschungsgegenstands sowie dem in Kapitel 3 beschriebenen methodischen Forschungsansatz als Vorgehensmodell und den zugrundeliegenden Hypothesen gesetzt. In der Triangulation dieser Komponenten im Forschungsprozess lässt sich die Neuartigkeit der Muster-Prototypen als Wissensstrukturmodelle und strategische Instrumente zur Planung und Orchestrierung von Innovations- und Diffusionsprozessen in urbanen Systemen belegen. Zugleich werden verbleibende Limitationen wie mögliche kognitive Verzerrungen in der Datenauswahl, die Nachvollziehbarkeit frugaler Innovationen oder die Operationalisierung für die Praxis thematisiert. Zusammenfassend stellen sich die Forschungsergebnisse als valide Basis für darauf aufbauende angewandte Forschung und wissenschaftliche Diskussionen dar.

7.1 Einordnung und Relevanz der Arbeit

Angesichts der aktuellen Diskussion um Smart Cities im 21. Jahrhundert mag sich die Frage ergeben, wie der technikhistorische Fokus der Arbeit aus über 250 Jahren Stadtentwicklung und infrastrukturellem Fortschritt hierzu beitragen kann. Urbane Innovationen im Zeitalter der Digitalisierung und dem Internet der Dinge scheinen anders in ihrem Wirken, als beispielsweise die ersten elektrischen Straßenbahnen im Berlin des 19. Jahrhunderts.

Bei genauerer Betrachtung zeigen sich jedoch klare Analogien: Die Idee von Smart Cities oder Smart Regions ist im Grunde nichts anderes als die vorausschauende Auseinandersetzung einer Stadt oder einer Region mit dem, was morgen und übermorgen kommt [vgl. Braun, 2022]. Wenn man Städte als Knoten ('Nodes') in einem globalen Innovationssystem begreift, die voneinander lernen und Innovationen adoptieren, stellt sich unabhängig von einer bestimmten technologischen Ära dieselbe Frage nach den wesentlichen Erfolgsfaktoren für Innovation und Diffusion. Diese Herausforderung wurde bereits 2015 als 'Neue Rahmenbedingungen für urbane Innovation' in der Nationalen Forschungs- und Innovationsagenda Zukunftsstadt [Bundesregierung, 2015] formuliert, auf die sich diese Arbeit explizit bezieht.

Die wissenschaftliche Relevanz der Arbeit liegt darin, erstmalig ein systematisches Raster als Innovationsmetrik über die gesamte moderne Stadtentwicklung zu legen, welches latente wiederkehrende Muster urbaner Innovation- und Diffusionsprozesse sichtbar macht und empirisch unterlegt. Da es bis dato wenig Forschung zu dieser Disziplin gibt, ist die Durchführung dieser Forschungsarbeit für die wissenschaftliche Gemeinschaft - besonders im aktuellen Kontext von Smart Cities - von Bedeutung. Dies wird entlang der eingangs formulierten Forschungshypothesen dargelegt:

- Mit der Erfassung, Strukturierung und Analyse von insgesamt 469 Innovationen, die die moderne Stadtentwicklung in 13 Funktionssystemen beeinflusst haben, wurde aufgezeigt, dass technologischer Fortschritt einen systemischen Einfluss in dieser Co-Evolution hat. Ohne bestimmte Schlüsselinnovationen wären Stadtsysteme, wie wir sie heute kennen, undenkbar (→ **Hypothese A belegt**).
- Gleichzeitig wurde nachgewiesen (→ **Hypothese B belegt**), dass im betrachteten Zeitintervall bis heute eine durchgängige Beschleunigung urbaner Innovationszyklen stattfindet. Diese Erkenntnis erfährt besondere Bedeutung, weil mit Beginn des 21. Jahrhunderts der klassische Planungshorizont der Stadtentwicklung von 10-15 Jahren unterschritten wurde. Kurz gesagt: Innovationen setzen sich seit einigen Jahren schneller durch, als Stadtplanung methodisch darauf reagieren kann.
- In dem globalen Co-Evolutionsprozess von Stadt und technologischem Fortschritt haben einzelne Städte eine bedeutendere Rolle als andere eingenommen. Mit dem vorgestellten Diffusionsmodell (→ **Hypothese C belegt**) wurde nachgewiesen, dass allein vier Innovatoren (London, San Francisco, Hamburg, Paris) mehr als 30% aller betrachteten urbanen Innovationen zuerst hervorgebracht haben, die hunderte Städte danach adoptierten. Auch Stadttypen wie 'Early Adopter' (zB. New York City) oder der 'Late Mover' (zB. München) konnten eindeutig identifiziert werden.
- In der Analyse der Regimes (sozio-ökonomische Rahmenbedingungen anhand ausgewählter Kontextfaktoren) einzelner Städte zeigten sich ebenfalls erste indikative Muster wie zum Beispiel die abnehmende Stadtgröße über einen Diffusionsverlauf. Diese wurden allerdings nicht abschließend validiert. Allerdings könnten Hauptstädten und 'Second Cities' eine besondere Verantwortung in Zukunft obliegen, um Systeminnovationen für klimaneutrale Stadtentwicklung zu pilotieren und zu replizieren (→ **Hypothese D unzureichend belegt**).
- Nicht zuletzt wurde mit der Beschreibung von 35 urbanen Innovationsmustern (→ **Hypothese E belegt**) durch explorative Datenanalysen eine wissenschaftliche Basis gelegt, die zum einen als universelle Erfolgsfaktoren für innovationsförderliche Stadtentwicklung in Zukunft und zum anderen als prototypische Mustersprache zur offenen Weiterentwicklung formuliert werden kann.

7.2 Diskussion des wissenschaftlichen Beitrags

Neben dem Anwendungsbezug für Kommunen, Unternehmen und Politik wird nachfolgend der wissenschaftliche Erkenntnisgewinn der Lösungskomponenten entlang des identifizierten Forschungsbedarfs und der abgeleiteten inhaltlichen Teilziele reflektiert. Hierzu werden die Domäne der Analyse und Modellierung urbaner Innovationsprozesse als eher grundlagenorientierte Wissenschaft und die eher angewandte Forschungsdisziplin des 'Urban Systems Engineering' adressiert.

Analyse und Modellierung urbaner Innovationsprozesse

Obschon im Vergleich Geschäftsmodellinnovationen eine unbestrittene Rolle für den langfristigen Erfolg von Unternehmen einnehmen, gab es bis zum heutigen Zeitpunkt so gut wie keine Ansätze, mit denen sich ähnliche Muster für urbane Innovationsprozesse auf eine systematische und damit effektive Art und Weise übertragen lassen [vgl. Csik, 2014]. Um diese Lücke zu schliessen, setzte sich die Arbeit mit der Frage auseinander, inwieweit sich eine musterbasierte Wissensgenerierung durch explorative Datenanalysen urbaner Innovationen effektiv unterstützen lässt.

Die Analyse der wissenschaftlichen Literatur in Kapitel 2 hat bereits verdeutlicht, dass der methodische Umgang mit urbanen Innovationsprozessen bisher nicht ausreichend erforscht wurde. Für kommunale Entscheider oder Lösungsanbieter aus der Wirtschaft stellen sich im Kontext von Smart Cities zahlreiche Handlungsfelder und eine schwer überwindbare Komplexität dar. Bereits Jane Jacobs beschrieb in ihrem wegweisenden Werk 'The Death and Life of Great American Cities' Städte als komplexe adaptive Systeme, in denen zahlreiche Komponenten mit eigenen Logiken miteinander interagieren und sich aufeinander ausrichten [Jacobs, 1992]. Wie lassen sich in dieser Komplexität von modernen Stadtsystemen Lösungen und Veränderungsprozesse hervorbringen, die erstens mit der hohen Komplexität kompatibel sind, zweitens gesellschaftlich als sinnvolle Neuerung akzeptiert werden, drittens wirtschaftlich betrieben oder genutzt werden können, viertens übertragbar sind auf andere Städte etc? Und wie lässt sich eine Multi-Level Perspektive für Innovationen aus Nischen, sozio-technischen Regimes bis zur allgemeinen Etablierung in der Fläche etablieren? Der Entwurfsansatz von Denken und Handeln in Mustern, die nicht nur das Verständnis über unterschiedliche Fachdisziplinen oder die Experten-Laien-Kommunikation stärken, sondern sich auch 'verborgene' Erfolgsfaktoren zunutze machen (Kapitel 6), kann hierbei ein neues Paradigma darstellen.

46 Jahre nach Erscheinen von 'Pattern Language' von Alexander, 29 Jahre nach 'Design Patterns' der GoF und 6 Jahre nach 'A Pattern Language for Creating Pattern Languages' von Iba wird mit dieser Forschungsarbeit der Versuch unternommen, einen neuartigen Denkansatz durch musterbasierte Wissensentdeckung für die Planung, Gestaltung und Transformation heutiger und zukünftiger Stadtsysteme zu formulieren. Für moderne Kommunal-, Infrastruktur- und Innovationspolitik besteht eine der größten Herausfor-

derungen des 21. Jahrhunderts in der klimaneutralen Transformation von Städten als zentrale Lebens- und Wirtschaftsräume unserer globalen Gesellschaft. Dabei kann der proaktive und effektive Umgang mit urbanen Innovationen als präzise 'Werkzeuge' einen Beitrag für derartige Analyse- und Gestaltungsprozesse leisten [vgl. Nam, 2011].

Beitrag zur Forschungsdisziplin (Urban) Systems Engineering

Systems Engineering ist als ein interdisziplinärer Ansatz für Engineering und Projektmanagement definiert, der sich auf das Design und Management komplexer Systeme während ihres gesamten Lebenszyklus konzentriert. Zusammen mit dem Definitionsvorschlag für urbane Infrastrukturen als großtechnische Systeme [vgl. Mayntz, 1995] mit eigenen Technik-, Wirtschafts- und Governancestrukturen lässt sich der Ansatz des Systems Engineering auf urbane (Infrastruktur) Systeme erweitern.

Ziel der noch jungen Forschungsdisziplin ist es, kreative und flexible Innovationen, Infrastrukturen und Managementsysteme zu entwickeln und zu implementieren, die Klimaemissionen reduzieren, Ressourcenkreisläufe schließen, gesunde Lebensräume schaffen und damit zur Lebensqualität in Städten beitragen [vgl. WUR, 2021]. Viele der globalen Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen stellen komplexe und nicht-triviale Herausforderungen dar. Sie erfordern damit ebenso holistische Systemansätze sowie SE-Kompetenzen in der Bewältigung und Bereitstellung einfacher Lösungen. Der internationale Rat für Systemgestaltung INCOSE verwies 2022 in seiner 'Systems Engineering Vision 2035' auf die kritische Fähigkeit zur Komplexitätsreduktion, die alle relevanten Disziplinen wie Wirtschaft, Wissenschaft, Umwelt, Recht und nicht zuletzt Ingenieurwesen vereinen muss [vgl. Stoewer, 2022].

Muster- oder modellbasierte Engineering-Prozesse in urbanen Innovationsprozessen stellen somit wertvolle interdisziplinäre Werkzeuge für Komplexitätsmanagement und -reduktion der Zukunft dar. In diesem Kontext kann der prototypisch formulierte Ansatz einer 'Urban Innovation Pattern Language' als Vorläufer einer zukünftigen und domänenspezifischen Modellierungssprache (vgl. SysML, CONSENS, PrEMISE) betrachtet werden, was als zukünftiger Forschungsbedarf in Kapitel 7.4 thematisiert wird.

7.3 Reflektion der gewählten Forschungsstrategie

Für die Adressierung der primären Forschungsfrage und den sekundären Forschungshypothesen wurde eine mehrstufige und explorative Forschungsstrategie konzipiert, die quantitative und qualitative Methoden im Triangulationsdesign (vgl. Mixed-Methods) vereint. Dies ermöglichte es, den Forschungsgegenstand aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten, vorwiegend im Bereich der Daten-Triangulation über verschiedene Datenquellen (alternative Datenbanken) sowie der Methoden-Triangulation über unter-

schiedlicher Ansätze (explorative Datenanalyse und theoretisches Sampling).

Forschungsmethoden - Für die Literaturanalyse zur Eingrenzung der Untersuchungsebene und des Forschungsgegenstands urbaner Innovationsprozesse wurde eine qualitative Inhaltsanalyse zum Stand von Theorie, Forschung und Praxis verwendet. Auf dieser Basis konnte eine einheitliche Definition für den Aufbau mehrerer Datenbanken und eine Auswahl von quantitativen Methoden zur explorativen 'Wissensentdeckung in Datenbanken' als kombinierter Forschungsansatz abgeleitet werden. Begleitend hierzu erfolgte ein theoretisches Sampling als qualitativer und induktiver Forschungsansatz zur Detektion wiederkehrender und charakteristischer Merkmale potenzieller Innovationsmuster. Über eine quantitativ-konfirmatorische Experten-Befragung wurden schlussendlich die Muster-Prototypen hinsichtlich der Schlüsselparameter wie Plausibilität, Relevanz oder Gestaltbarkeit evaluiert. Hierbei zeigte sich eine durchgängig hohe Bewertung ohne signifikante Ausreißer. Damit stellte die gewählte Kombination eine hinreichende Methodik dar.

Datenerhebungsprozess - Rückblickend war der zeitliche Aufwand für die Identifikation der Datenquellen und die manuelle Erhebung der Primärdaten sehr intensiv. Die Dauer der Datenerhebung lief dabei in zwei Phasen (DB1 und DB2+3) über mehrere Jahre, so dass eine sukzessive Anreicherung neuer Daten erfolgen konnte und damit eine ausreichende Datenqualität (z.B. für die Zielerreichung an Datenpunkten je UI) für die Analyse und Interpretation vorlag. Möglichen kognitiven Verzerrungen in der Erhebung der Stichprobe (aus der theoretischen Gesamtheit aller urbanen Innovationen) wurde so aktiv begegnet und die Datenerhebung entlang den Gütekriterien empirischer Innovationsforschung ausgerichtet. Perspektivisch wären für weitere Forschungsarbeiten in diese Richtung automatisierte Such- und Sortier Routinen über ML-Algorithmen, Webscraping oder Webcrawling denkbar, um auf diese Weise schnell alle möglichen maschinenlesbaren 'Eintrittspunkte' einer UI im Internet über mehrere Sprachen zu erfassen.

Validität der Forschungsergebnisse - Die Validität der Forschung ist gewährleistet, wenn sie mit dem eingangs definierten Forschungsansatz tatsächlich die Ergebnisse, die formuliert wurden, überprüft oder misst. Für die gewählte Forschungsstrategie sind insbesondere die interne und die externe Validität von Bedeutung. Für die interne Validität wurden externe Einflussfaktoren auf die Eigenschaften urbaner Innovationsprozesse dort ausgeschlossen, wo es möglich war. Durch die deterministische Berechnung wesentlicher Variablen, z.B. anhand des zeitlichen Auftretens von urbanen Innovationen in verschiedenen Städten, und die Triangulation historischer Daten anhand zuvor definierter Auswahlkriterien wurden mögliche Verzerrungen weitgehend vermieden.

Für die externe Validität wurde mit der möglichst hohen Stichprobe, des geografischen Betrachtungsraums, der Datenauswahl urbaner Innovationen über einen langen

Zeitraum und der Mustergenerierung darauf geachtet, dass eine hohe Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse gewährleistet ist. Im Forschungsprozess wurde hierzu bereits eine Fraktalität der Ergebnisse (d.h. Selbstähnlichkeit auf unterschiedlichen räumlichen Maßstabsebenen) festgestellt.

7.4 Limitationen und resultierender Forschungsbedarf

Die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation sollen vor allem als grundlegende, richtungweisende Erkenntnisse und als kritische Auseinandersetzung des Trends urbaner Innovationsprozesse für zukünftige Stadtentwicklung dienen, was in der Praxis zuletzt bislang zwar häufig thematisiert, aber kaum wissenschaftlich reflektiert und systematisiert wurde. Trotz eines ganzheitlichen Forschungsanspruchs liegen klare Limitationen vor, die zugleich Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschung darstellen und nachfolgend kurz skizziert werden.

Eine deutliche Limitation liegt in dem Aufbau der zugrundeliegenden Datenbank für urbane Innovationen. Trotz des empirischen Anspruchs eine möglichst neutrale und systemische Definition für urbane Innovationen über alle Stadtsysteme global zu formulieren, muss doch eine westlich geprägte Sicht als kognitive Verzerrung angenommen werden. Viele der untersuchten Innovationen entstammen den Begleitentwicklungen der ersten, zweiten, dritten oder vierten industriellen Revolution (wenn man Smart Cities im Kontext von Industrie 4.0 positioniert). Gleichzeitig finden sich in den Daten vereinzelt Beispiele für alternative Entwicklungen und Planungsansätze (vgl. die eingangs erwähnten historischen Beispiele von Eixample/Barcelona, Edo/Tokio, Christiania/Kopenhagen oder auch Black Rock City als temporäre Stadtstruktur), die allerdings keinen 'Mainstream' darstellen und statistisch wenig Relevanz einnehmen. Dennoch scheint die Frage im Kontext neuer Konzepte wie frugale Innovationen berechtigt, welche sonstigen Innovationsarten für eine performative Stadtentwicklung in Zukunft stärker zu berücksichtigen sind [vgl. Wohlfarth, 2019].

Eine weitere Einschränkung liegt in der Verwertung und Anwendung der UIP für die Praxis. Sowohl der Forschungsprozess als auch die Validierung durch Expertinnen und Experten erfolgte aus einem eher akademischen Anspruch heraus. Zwar gaben 78% der Befragten an, praktische Erfahrungen mit der Umsetzung von urbanen Innovationen zu haben und über 56% aller eine UI in oder mit mehr als fünf Städten aufgebaut zu haben (Kapitel 6). Allerdings fehlt, neben dem dargelegten fiktiven Anwendungsfall, in der Fortführung dieser Forschungsarbeit die breite praktische Validierung über die vielen tausend Kommunalentscheider, Planungsamtsleiter, Wirtschaftsförderer, Chief Digital Officers (CDO) oder Innovationsmanager in Deutschland oder Europa. Dennoch wurde dies in der multidisziplinären Experten-Evaluation methodisch nach Möglichkeit berücksichtigt.

Die in der Arbeit aufgezeigten wechselseitigen Beziehungen und Diffusionspfade zwischen vorrangig Großstädten sind vermutlich auch als fraktale und selbstähnliche Strukturen übertragbar auf einzelne Länder oder auch geografische Regionen (z.B. Baden-Württemberg als Bundesland). Knapp 34% aller in der Stichprobe identifizierten Städte (von $N = 118$) sind Millionenstädte, 63% haben heute mehr als eine halbe Million Einwohner, nur leicht über 10% sind keine Großstädte per Definition: Wenn man diesen Anteil mit dem Fakt kombiniert, dass im Jahr 2022 nur jeder achte Mensch der knapp acht Milliarden in einer Millionenstadt lebt [vgl. Podbregar, 2020], zeigt sich das Ausmaß der Weltbevölkerung und deren Städte, bisher die nicht oder nur kaum Teil von urbanen Innovationsprozessen sind. Hierzu besteht weiterhin großer Forschungsbedarf, um zum einen die Relevanz kleinerer oder mittlerer Städte im globalen Innovationssystem näher zu untersuchen und zum anderen die regionalen Abläufe - quasi auf der 'Mikro-Ebene' - besser nachzuvollziehen.

Nicht zuletzt liegt in der Weiterentwicklung der Methodik Potenzial für zukünftige Forschung und Entwicklung: Wie bereits angedeutet, wurde das prototypische Verfahren der explorativen Datenanalyse zur Musterentdeckung wenig automatisiert angewendet. Dabei steht hinter der initialen Forschungsfrage die Vision eines globalen und offenen Repositoriums für urbane Innovations- und Diffusionsprozesse (vgl. Repositorium als Entwurfsmuster aus dem Bereich der Softwareentwicklung). Wünschenswert wäre eine Fachdatenbank auf Basis von FAIR Data-Prinzipien und 'Open Science', die von einer Fach-Community kontinuierlich weiterentwickelt und detailliert wird. In Anlehnung an jüngere länderübergreifende Großprojekte wie das 'Human Genome Project' könnte ein digitaler Zwilling aller Innovationsprozesse in sämtlichen Städten auf dem Planeten entstehen [vgl. Cavalli-Sforza, 2005]. Eine solche Forschungsinitiative könnte wertvolle Beiträge leisten, das globale Stadtsystem als zusammenhängendes Innovationssystem zu begreifen und eine darauf abgestimmte Innovationsgestaltung und -replikation angesichts der komplexen Herausforderungen wie Klimaneutralität, Energiewende, soziale Gerechtigkeit, Kreislaufwirtschaft uvm. zu unterstützen.

Denn wie Peter Drucker bereits klar formulierte: *'Was man nicht messen kann, kann man auch nicht managen.'* Hierzu bedarf es neuer zukunftsgerichteter Ansätze und Metriken für urbane Innovationssysteme und die darin ablaufenden Diffusionsprozesse.

7.5 Zusammenfassung und Ausblick

Nach systematischer Auswertung der verfügbaren Fachliteratur und der explorativen Datenanalyse von 135 urbanen Innovationen im globalen Städtesystem von 118 Städten scheint naheliegend, das bisher geltende Verständnis für den Lebens- und Wirtschaftsraum Stadt als räumlich verteiltes System und dessen Fähigkeit zur Innovation bzw. Evolution neu zu definieren. Städte sind viel mehr als nur singuläre Organismen oder bewohnte Artefakte unserer Zivilisation, die infrastrukturell oder ökonomisch verbunden

sind. Sie sind interagierende Knoten ('Nodes') in einem global vernetzten Innovations-ökosystem, die kontinuierlich voneinander lernen und nachgewiesene neue Eigenschaften nach erfolgreicher Pilotierung (= Ausprägung) adoptieren - vergleichbar mit der biologischen Evolutionstheorie nach Darwin gilt *'ein Überleben der am besten angepassten Spezies'*. Ausgehend von der Eingangsthese zur Co-Evolution der Stadtsysteme stellt sich ausblickend die Frage, inwieweit ebenso zwischen Stadt und Mensch oder zwischen Biologie und Technologie eine gezieltere und engere Co-Evolution für eine lebenswerte Zukunft stattfinden kann (siehe Abbildung 7.1). Städte können dabei in Zukunft als *'Nahtstelle'* beider Welten verstanden werden.

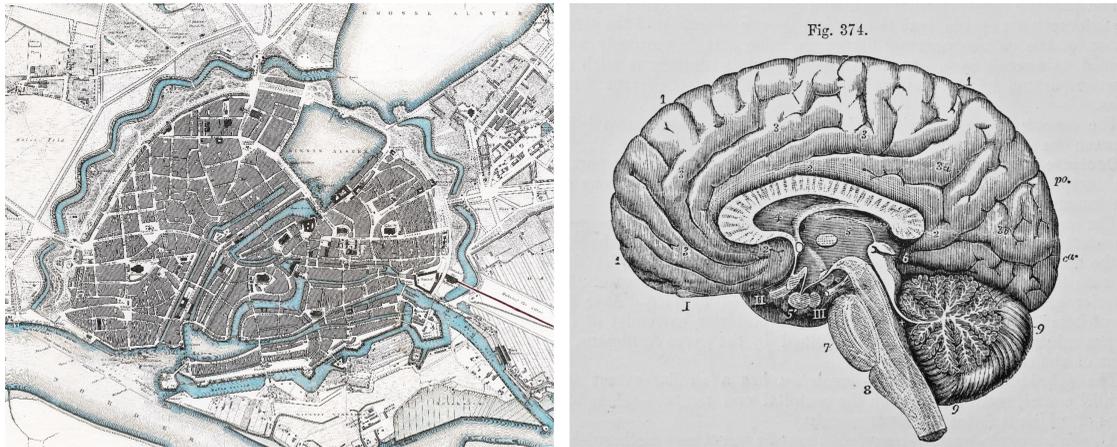


Abbildung 7.1: Vergleich zwischen Stadtgrundriss Hamburg um 1840 und Aufbau des menschlichen Gehirns [Terstegge, 2021; Johnson, 2002]

Im urbanen Zeitalter oder Anthropozän, welches bereits bis Mitte des 21. Jahrhunderts eine Verdopplung der globalen Stadtbevölkerung bei gleichzeitig schwindenden natürlichen und endlichen Ressourcen und dem baldigen Überschreiten nichtlinearer erdklimatischer Kippelemente erwarten lässt, wird es von essentieller Bedeutung sein, die kommenden Jahre für die Dekarbonisierung unserer Städte und der zugrundeliegenden Infrastruktursysteme bestmöglich zu nutzen [vgl. Lenton, 2008].

Musterbasierte Planungs- und Handlungsmodelle bieten hierbei eine neuartige Chance diesen Herausforderungen schneller, zielgerichteter, kooperativer und ressourceneffektiver durch Systeminnovationen auf der Ebene von Städten und Regionen zu begegnen. Und sie könnten helfen, das Experten-Laien-Paradigma ('Betroffene zu Beteiligten machen') zwischen Wirtschaft, Staat und Gesellschaft sowie die zunehmende Bürokratisierung durch eine gemeinsame Sprache für urbane Innovationen zu überwinden.

'The need for innovation in government has never been greater, and we must work with our greatest resource – our human capital – to find new solutions to old challenges.'

Edwin M. Lee, Oberbürgermeister San Francisco 2011 - 2017 [MOCI, 2014]

Literaturverzeichnis

- Abdelnour, S.; Hasselbladh, H.; Kallinikos, J. (2017): Agency and Institutions in Organization Studies. In: Organization Studies (Vol. 38, Issue 12, pp. 1775–1792). SAGE Publications.
<https://doi.org/10.1177/0170840617708007> .
- Alderman, D. H. (2012): Cultural Change and Diffusion: Geographic Patterns, Social Processes, and Contact Zones. In: 21st Century Geography: A Reference Handbook. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc, S. 122–133.
- Alefeld, G.; Herzberger, J. (1974): Einführung in die Intervallrechnung. (= Informatik, Band 12). Bibliographisches Institut, B.I.-Wissenschaftsverlag, Mannheim/ Wien/ Zürich, ISBN 3-411-01466-0 .
- Alexander, C.; Ishikawa, S.; Silverstein, M.; Jacobson, M. (2013): A pattern language. Towns, buildings, construction. 36. print. New York, NY: Oxford Univ. Press (Center for Environmental Structure series, 2).
- Alford, R.; Aiken, M. (1970): Community Structure and Innovation: The Case of Urban Renewal. In: American Sociological Review, Vol. 35, No. 4, S. 650. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2093942>.
- Altschuller, G. S. (1986): Erfinden – Wege zur Lösung technischer Probleme. 2. Auflage. Verlag Technik, Berlin.
- Anders, S. (2015): Stadt als System. Dissertation. Städtebau-Institut, Universität Stuttgart. ISBN 978-3-946319-02-3 .
- Andonova, E. (2019): Living Lab (LL): a user-centric methodology for prototyping and validating innovations in complex, real-life environments. Directorate-General Joint Research Centre, European Commission.
- Andringa, J. (2009): Transition in Practice - Tools and Competences. Definitions. Online verfügbar unter <https://www.transitiepraktijk.nl/en/experiment/definitions> (abgerufen am 01.10.22).
- Angluin, D. (1980): Finding patterns common to a set of strings. In: Journal of Computer and System Sciences (Bd. 21, Issue 1, S. 46–62). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/0022-0000\(80\)90041-0](https://doi.org/10.1016/0022-0000(80)90041-0) .
- Ansel, S. (2015): Die Diffusion von Innovationen in deutschen Kommunen - eine Untersuchung zu Komponenten des E-Governement. Schriftenreihe für Public und Nonprofit Management (20); Universität Potsdam. ISSN: 2190-4561.
- Archibugi, F. (1998): The urban system concept and the role of the heritage cultural territorial units within its context. Background Note for a Planning Studies Centre's Symposium within the 'EU Raphael Programme'. Rom.
- Arndt, H. v. (1972): Gesellschaftlicher Wandel und politische Innovation. Tagung der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft in Mannheim, Herbst 1971. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Politische Vierteljahresschrift Sonderheft 4 / 1972). ISBN: 978-3-322-88716-0 .
- Augenstein, K. (2015): E-Mobility as a Sustainable System Innovation. Insights from a Captured Niche. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal. Schumpeter School of Business and Economics.
- Babbage, C. (1832): On the Economy of Machinery and Manufactures. London.
- Babic, N. (2021): Superblocks - The Future of Walkability in Cities?. Academia Letters.
<https://doi.org/10.20935/AL747> .
- Baccarne, B.; Evens, T.; De Marez, L. (2020): Understanding Civic Crowdfunding as a Mechanism for Leveraging Civic Engagement and Urban Innovation. Technology Innovation Management Review, 10(5): 51-66. <http://doi.org/10.22215/timreview/1356> .

- Bacon, F. (1625): *Of Innovations. Essayes: Religious Meditations. Places of Perswasion and Disswasion. Seene and Allowed.* Online verfügbar unter <http://www.authorama.com/essays-of-francis-bacon-25.html>, zuletzt geprüft am 31.05.15.
- Barner, A.; Bullinger, H.-J.; Kagermann, H. (2013): *Perspektivenpapier der Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft: Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?* Berlin.
- Bauer, W.; Radecki, A.; Rothfuss, F. (2012): *Morgenstadt: City Insights - Joint research project on today's cities as future markets for systems innovations towards smart and sustainable cities.* Project description, Fraunhofer-Gesellschaft.
- Bauer, R. (2014): *Didaktische Entwurfsmuster. Diskursanalytische Annäherung an den Muster-Ansatz von Christopher Alexander und Implikationen für die Unterrichtsgestaltung.* Dissertation. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Klagenfurt. Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung.
- Baur, N.; Graeff, P. (2020): *Datenqualität und Selektivitäten digitaler Daten - Alte und neue digitale und analoge Datensorten im Vergleich. Beitrag zur Veranstaltung »Digitale Daten und neue Methoden: Chancen und Herausforderungen für die Soziologie« der Sektion »Wissenschafts- und Technikforschung«.*
- Becker, G. (2020): *Bildung für nachhaltige Entwicklung in urbanen Bildungslandschaften.* 2. Auflage Osnabrück: NUSO-Verlag. DOI: 10.25656/01:21828 .
- Bellan, R. (2022): *Waymo opens Phoenix airport rides to the public, doubles downtown service area.* Techcrunch; Online verfügbar unter: <https://techcrunch.com/2022/12/16/waymo-opens-phoenix-airport-rides-to-the-public-doubles-downtown-service-area/> (abgerufen am 29.03.2023).
- Beneker, D. (2017): *Knowledge Discovery in Databases (KDD) - Gitbook.* Sommersemester 2017 an der FH-Bielefeld. <https://fh-bielefeld-mif-sw-engineerin.gitbooks.io/script/content/ai/knowledge-discovery-in-databases.htmlfn1> (abgerufen am 18.12.2022).
- Berry, B. (1964): *Cities as systems within systems of cities.* In: *Papers in Regional Science* © RSAL, January 1964, Volume 13, Issue 1, S. 149-163.
- Bertuglia, C. S.; Bianchi, G.; Mela, A. (1998): *The city and its sciences.* Heidelberg, New York: Physica-Verlag. S. 65.
- Bieling, T. (2020): *Wicked Problems mehr denn je?! Gedanken zu Horst Rittel.* Designabilities. <https://designabilities.wordpress.com/2020/07/14/wicked-problems-mehr-denn-je-gedanken-zu-horst-rittel/> (abgerufen am 11.12.2022).
- BMBF (2012): *Morgenstadt – Eine Antwort auf den Klimawandel. Ein Zukunftsszenario der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und der Hightech-Strategie 2020.*
- BMUB (2007): *Leipzig Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt. Angenommen anlässlich des Informellen Ministertreffens zur Stadtentwicklung und zum territorialen Zusammenhalt in Leipzig am 24./25. Mai 2007.*
- Boeing, G. (2019): *Urban spatial order: street network orientation, configuration, and entropy.* *Appl Netw Sci* 4, 67. <https://doi.org/10.1007/s41109-019-0189-1> .
- Bontje, M. A. (2001): *The challenge of planned urbanisation. Urbanisation and national urbanisation policy in the Netherlands in a Northwest-European perspective.* PhD Thesis, Amsterdam. Amsterdam Institute for Social Science Research (AISSR), S. 49.
- Bonus, H. (1970): *Die Diffusion Von Innovationen Als Räumlicher Prozeß: Zu Dem Buch Von Torsten Hägerstrand.* In: *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft / Journal of Institutional and Theoretical Economics* 126.2, S. 336–343, zuletzt geprüft am 22.03.2016.
- Borbély, E. (2008): *J. A. Schumpeter und die Innovationsforschung.* Budapest Tech. Budapest., S. 401.
- Bouchet, M.; Liu, S.; Parilla, J.; Kabbani, N. (2018): *Global Metro Monitor 2018.* Global Cities Initiative, Brookings Institution. Washington, USA.
- Brachman, R.; Anand, T. (1996): *The process of knowledge discovery in databases: A first sketch.* The MIT Press.

- Brand, S. (1968): Whole Earth Catalogue. access to tools. Online verfügbar unter https://monoskop.org/images/o/09/Brand_Stewart_Whole_Earth_Catalog_Fall_1968.pdf. zuletzt geprüft am 01.04.2018.
- Braun, S.; Hertzsch, E. (2012): Die Stadt von morgen - die Morgenstadt. Fraunhofer-Gesellschaft. Stuttgart. S. 3.
- Braun, S.; Fanderl, N.; Schaufler, C. (2019): Autonomes Fahren im Kontext der Stadt von morgen [AFKOS]. Fraunhofer IAO, Stuttgart. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12437.45280>.
- Braun, S. (2021): Zur Co-Evolution von Stadtsystemen und Diffusion urbaner Innovationen: Charakteristika einer technologieoffenen Stadtentwicklung. In: REAL CORP 2021 Proceedings/Tagungsband. ISBN 978-3-9504945-0-1 .
- Braun, S. (2022): The bigger picture: Zukunftsperspektiven für Leben und Arbeiten 2050+. Vortrag am 13. Juli 2022. Augsburg. Online verfügbar unter: https://www.region-a3.com/wp-content/uploads/2022/07/20220713_Steffen_Braun_oeffentlich.pdf, S. 6. (abgerufen am 27.11.2022)
- Bredella, N. (2014): Infrastrukturen des Urbanen. Soundscapes, Landscapes, Netscapes. s.l.: transcript Verlag (Urbane Welten - Texte zur kulturwissenschaftlichen Stadtforschung, v.4).
- Brei, B.; Hornberg, C. (2009): Die Bedeutung von Stadtgrün aus gesundheitswissenschaftlicher Sicht. Public Health Forum. 17. <https://doi.org/10.1016/j.phf.2009.01.006>.
- Breitenbuecher, U. (2016): Eine musterbasierte Methode zur Automatisierung des Anwendungsmanagements. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart. IAA.
- Brem, A.; Maier, M.; Storch, V. (2011): Innovationsportfolio-Management - Theorie und Praxis des Managements von Innovationsportfolios. Band 1: GRIN.
- Bretagnolle, A.; Pumain, D.; Rozenblat, C. (1997): Space-time Contraction and the Dynamics of Urban Systems. In: Cybergeog : European Journal of Geography.
- Bretagnolle, A.; Pumain, D.; Vacchiani-Marcuzzo, C. (2009): The organisation of urban systems. In: Complexity perspective in innovation and social change, S. 197.
- Breuer, B. (2013): Werkstatt-Stadt. Gute Beispiele nachhaltiger Stadtentwicklung. BBSR. Bonn. Online verfügbar unter http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Stadtentwicklung/Stadtentwicklung_Deutschland/GuteBeispiele/WerkstattStadt/01_start.html, zuletzt geprüft am 04.03.17.
- Brinkhoff, T. (o.D.): Citypopulation.de, 2022. online verfügbar unter: <https://www.citypopulation.de>, zuletzt geprüft am 02.01.23.
- Brooks, J. (2014): How Rule Changes Played Out at 24 Hours of Le Mans. Online-Artikel. <https://www.drivingline.com/articles/how-rule-changes-played-out-at-24-hours-of-le-mans/> (abgerufen am 15.02.2017).
- Brown, C. (2016): Patterns of Innovation. Showcasing the Nation's Best in 21st Century Learning. Hg. v. Pearson Foundation. Washington.
- Brown, W. J. (1998): AntiPatterns. Refactoring software, architectures, and projects in crisis. New York: Wiley (Wiley computer publishing).
- BRTDATA (2018): Across Latitudes and Cultures – Global Bus Rapid Transit Database (ALC-BRT). Online verfügbar unter <http://brtdata.org/info/change>, zuletzt geprüft am 22.03.16.
- Brüning, W. (2014): Bauanleitung für eine Pattern Library. Teil 1: Warum braucht man eigentlich eine Pattern Library? Hg. v. produktbezogen.de. Online verfügbar unter <http://www.produktbezogen.de/bauanleitung-pattern-library-1/>, zuletzt geprüft am 20.05.2017.
- Bullinger, H.-J. (2006): Verdammt zur Innovation. Ausweg aus der Wachstumskrise durch effizientes Innovationsmanagement, S. 12–16. Online verfügbar unter http://www.rkw-kompetenzzentrum.de/fileadmin/media/Dokumente/Publikationen/RKW-Magazin_2006-1.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.15.
- Bundesregierung (2015): Zukunftsstadt - Strategische Forschungs- und Innovationsagenda. Online verfügbar unter: <https://www.fona.de/medien/pdf/Zukunftsstadt.pdf> (abgerufen am 14.04.2021).
- Burmeister, K.; Rodenhäuser, B. (2016): Stadt als System. Trends und Herausforderungen für die Zukunft urbaner Räume. München: oekom.

- Burret, H.; Ruess, S.; Lang, W. et al. (2021): *Constructing Our Future. Planen. Bauen. Leben. Arbeiten.* Verband der bayrischen Wirtschaft VBW, Juli 2021.
- Buschmann, F.; Löckenhoff, C. (2000): *Pattern-orientierte Softwarearchitektur. Ein Pattern-System.* 1., korr. Nachdr. München: Addison-Wesley.
- Carayannis, E. G.; Campbell, D. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management.* 46 (3/4): 201. doi:10.1504/IJTM.2009.023374 . ISSN 0267-5730.
- Cattacin, S.; Naegeli, P. (2014): *Städtische Innovationsregime.* In: *Forschungsjournal soziale Bewegungen* 27. Jg. (2), S. 42–49.
- Cavalli-Sforza, L. (2005): The Human Genome Diversity Project: past, present and future. *Nat Rev Genet.* Apr;6 (4):333–40. doi: 10.1038/nrg1596
- CDP (2022): *CDP Cities, States and Regions Open Data Portal. CDP-ICLEI Track.* Online abrufbar unter: <https://data.cdp.net>, zuletzt geprüft am 20.02.2023.
- Charles, A.; Pennington, J. (2015): *Top Ten Urban Innovations.* Hg. v. Global Agenda Council on the Future of Cities. World Economic Forum. Genf. Online verfügbar unter http://www3.weforum.org/docs/Top_10_Emerging_Urban_Innovations_report_2010_20.10.pdf, zuletzt geprüft am 04.01.16.
- Christaller, W. (1968): *Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen.* Deutschland: WBG.
- Cleve, J.; Lämmel, U. (2016): *Data Mining.* Berlin, De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/97831104-56776> .
- Cockrall-King, J. (2012): *Food and the city. Urban agriculture and the new food revolution.* Amherst, N.Y: Prometheus Books.
- Coglianesse, C. (2017): *The Limits of Performance-Based Regulation.* Faculty Scholarship at Penn Law. 1858. online verfügbar unter: https://scholarship.law.upenn.edu/faculty_scholarship/1858.
- Coglianesse, C.; Nash, J.; Olmstead, T. (2002): *Performance-Based Regulation: Prospects and Limitations in Health, Safety, and Environmental Protection, Regulatory Policy Program Report No. RPP-03.*
- Cohen, J. (1988): *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.).* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Comin, D.; Dmitriev, M.; Rossi-Hansberg, E. (2012): *The Spatial Diffusion of Technology.* Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Cress, U. (2015): *Gestalten mit Entwurfsmustern.* Unter Mitarbeit von Anne Thillosen und Markus Schmidt. Universität Tübingen. Online verfügbar unter <https://www.e-teaching.org/didaktik/konzeption/entwurfsmuster/mining>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2015, zuletzt geprüft am 05.03.19.
- Crutzen, P. J.; Stoermer, E. F. (2000): The 'Anthropocene', in: *Global Change Newsletter* 41/2000, S. 17f.
- Csik, M. (2014): *Muster und das Generieren von Ideen für Geschäftsmodellinnovationen.* Dissertation Nr. 4263, Universität St. Gallen.
- Cunningham, W. (1994): *Pattern Language.* Portland Pattern Repository. <http://wiki.c2.com/?PatternLanguage> (abgerufen am 12. Dezember 2022).
- Curdes, G.; Ulrich, M. (1997): *Die Entwicklung des Kölner Stadtraumes. Der Einfluß von Leitbildern und Innovationen auf die Form der Stadt.* Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur (Stadt - Raum - Innovation, Bd. 1).
- Curdes, G. (1998): *Urban form and innovation - the case of cologne.* In: *Urban Morphology (Volume 2)*, S. 11–18.
- Davis, F. (1989): *Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology.* *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, 1989, pp. 319–40. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/249008> .
- Deckert, C. (2012): *Merkmale erfolgreicher Innovationen. Wie können Sie Ihren kreativen Ideen zu mehr Akzeptanz verhelfen?* In: *Innovations-Forum (3)*, S. 27–29.
- DeLano, D. E. (1998): *Patterns Mining.* In: *The Patterns Handbook: Techniques, Strategies and Applications.* Linda Rising, ed. (Cambridge: Cambridge University Press).

- DeMaio, P. (2009): Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. In: Journal of Public Transportation (Vol. 12, No. 4), S. 41–56. Online verfügbar unter <http://bike.cofc.edu/bike-share-program/history%20of%20bike%20sharing.pdf>, zuletzt geprüft am 22.03.16.
- Destatis (2020): 25 Quadratmeter Grünanlage stehen Bewohnerinnen und Bewohnern deutscher Metropolen im Schnitt zur Verfügung. Zahl der Woche Nr. 37. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2020/PD20_37_p002.html.
- Destatis (2022): Neue Rekordmenge an Haushaltsabfällen im Jahr 2021 - Pressemitteilung Nr. 546 vom 19. Dezember 2022. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/12/PD22_546_321.html (abgerufen am 14.04.2023)
- Dimbath, O.; Ernst-Heidenreich, M.; Roche, M. (2018): Praxis und Theorie des Theoretical Sampling. Methodologische Überlegungen zum Verfahren einer verlaufsorientierten Fallauswahl. Forum Qualitative Sozialforschung. <http://dx.doi.org/10.17169/fqs-19.3.2810>
- Donath, D. (1998): Christopher Alexander, seine Theorien und Bauten. Bauhaus-Universität Weimar. Online verfügbar unter <http://www.uni-weimar.de/donath/c-alexander98/ca98.html>. htm, zuletzt geprüft am 16.09.17.
- dpa (2007): New York: Vor 175 Jahren fuhr die erste Tram der Welt. stern.de. <https://www.stern.de/digital/technik/new-york-vor-175-jahren-fuhr-die-erste-tram-der-welt-3218392.html> (abgerufen am 14. November 2022).
- Drucker, P. F. (1964): Managing for Results: Economic Tasks and Risk-Taking Decisions. Routledge, 1. Auflage.
- Dürbeck, G. (2018): Narrative des Anthropozän – Systematisierung eines interdisziplinären Diskurses. Kulturwissenschaftliche Zeitschrift, 3(1) 1-20. <https://doi.org/10.2478/kwg-2018-0001>.
- Dugdale, S.; Strawn, B. (2017): Crafting an Innovation Landscape. EDUCAUSE. <https://er.educause.edu/articles/2017/2/crafting-an-innovation-landscape> (abgerufen am 12. Dezember 2022).
- Durand, S.; Lian, Q.; Jing, J. (2022): Joint control of meiotic crossover patterning by the synaptonemal complex and HEI10 dosage. Nat Commun 13, 5999. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33472-w>.
- Eckhardt, C. (2015): Technische und organisatorische Lösungen für eine nachhaltige Mobilität in Hamburg. Digitale Verkehrssteuerung – Wie kann Hamburg Modellstadt des intelligenten Verkehrs werden? Handelskammer Hamburg, 27.01.2015. Online verfügbar unter https://www.hk24.de/blob/hhikh24/produktmarken/interessenvertretung/verkehr-stadtentwicklung/stadtentwicklung/downloads/1153538/gedeoec6b1197a623d1bd043bod73316/Vortrag_Stadtmobilitaet_Dr_Eckhardt-data.pdf, zuletzt geprüft am 01.04.17.
- Edquist, C. (2013): Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations. Hoboken: Taylor and Francis. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1111686>, zuletzt geprüft am 09.02.2017.
- Ehrhardt, H.; Kroll, T. (2012): Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven. 1. Aufl. Göttingen: Vandenhoeck Ruprecht. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=939529>.
- Eigner, M.; Gilz, T.; Zafirov, R. (2021): Interdisciplinary Product Development – Model Based Systems Engineering. Industry Digitalization. <https://www.industrie-digitalisierung.com/en/interdisciplinary-product-development-model-based-systems-engineering-2/> (abgerufen am 1. Januar 2023).
- EIO (2017): System Innovation. Eco Innovation Observatory (Herausgeber). Online verfügbar unter http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_glossaryletter=Sid=35Itemid=126, zuletzt geprüft am 07.02.2017.
- Eriksson, Ö. (2018): About SE-Perspective. Online unter: <https://www.se-perspective.ch/de/uber-uns> (abgerufen am 18.12.22).
- Estabraghy, A. H. (2008): An investigation of the utility and value of process patterns in the management of software development projects. PhD thesis, Middlesex University.

- Ester, M.; Sander, J. (2013): Knowledge Discovery in Databases: Techniken und Anwendungen (1. Aufl.). Springer. ISBN 978-3-642-58331-5 .
- Fayyad, U. M. (1996): Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Menlo Park: AAAI Press.
- Fichter, K. (2014): Grundlagen des Innovationsmanagements. Unter Mitarbeit von Ralph Hintemann. 6. Auflage. Oldenburg.
- Flohic (1998): Le patrimoine des Communes du Haut-Rhin. Charenton-le-Pont (Le patrimoine des communes de France, 68).
- Finidori, H. (2018): Configuring patterns pattern languages for systemic design. Hillside Proc. of Conf. on Pattern Lang. of Prog. 25 (October 2018), 32 pages.
- Floeting, H. (2022): Urbane Sicherheit. bpb.de. <https://www.bpb.de/themen/innere-sicherheit/dossier-innere-sicherheit/204765/urbane-sicherheit/> (abgerufen am 19. November 2022).
- Florida, R. (2016): Are Cities Too Complicated? As the writer Samuel Arbesman argues in his new book, complex systems are capable of quickly growing beyond our comprehension. Citylab.
- Forrester, J.W. (1969): Urban Dynamics, MIT Press: Cambridge. MA, USA.
- Fortino, A. (2008): A Pattern Language for Innovation Management. Polytechnic University, Hawthorne, NY. PICMET. Kapstadt, 27.07.2008.
- Frank, U. (1998): Einführung und Grundlegung. In: Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik (S. 339–352). <https://doi.org/10.1515/9783486801101-026> .
- Frantzeskaki, N.; Loorbach, D. (2010): Towards governing infrasystem transitions. In: Technological Forecasting and Social Change 77 (8), S. 1292–1301. DOI: 10.1016/j .techfore.2010.05.004.
- Fritz, J.; Tomaschek, N. (2015): Die Stadt der Zukunft. Aktuelle Trends und zukünftige Herausforderungen. Münster, New York: Waxmann (University - society - industry, Band 4).
- Frug, G.; Barron, D. (2008): City bound. How states stifle urban innovation (Cornell paperbacks). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=e000xatAN=671427>.
- Fuhrich, M. (2005): Innovationen durch Modellvorhaben – die Wirkung von guten Vorbildern. Informationen zur Raumentwicklung, Jg. 2005 (9/10), S. 609–618.
- Gabriel, R. (1996): Repetition, Generativity, and Patterns. in: Pattern Languages of Program Design 2, Vlissides, J. M., Coplien, J. O., Kerth, N. L. (Eds.): Addison-Wesley.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. Vlissides, J. (1994): Design Patterns: Entwurfsmuster als Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software (mitp Professional).
- Gamma, E.; Riehle, D. (2009): Entwurfsmuster. Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software. München: Addison Wesley (Programmer's choice).
- Gao, J.; O'Neill, B. (2020): Mapping global urban land for the 21st century with data-driven simulations and Shared Socioeconomic Pathways. Nat Commun 11, 2302. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15788-7> .
- Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M. (2015): The St. Gallen Business Model Navigator. St. Gallen University.
- Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.; Kallmeyer, F. (2001): Produktinnovation: Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen (1. Aufl.). Hanser Fachbuch.
- Geels, F. (2005a): Technological transitions and system innovations. A co-evolutionary and socio-technical analysis. Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar.
- Geels, F. (2005b): Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective, In: Technological Forecasting and Social Change, Volume 72, Issue 6, P. 681-696, <https://doi.org/10.1016/j .techfore.2004.08.014>.
- Geels, F. (2013): System innovation: Dynamics and policy implications. Vinnova. Stockholm, 12.12.2013. Online verfügbar unter <http://www.vinnova.se/PageFiles/751311175/System%20Innovation%20F%20Geels.pdf>.
- Geels, F.; Schot, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. Research Paper. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Geneen, H. (1984): The Case for Managing by the Numbers. In: Fortune, S. 78–81.

- GERICS (2015): Climate-Focus-Paper Cities and Climate Change. Climate Service Center Germany, Hamburg.
- Gibbert, R. (2015): Innovation Anti-Pattern – Oder: was man tun muss, um nicht innovativ zu sein. *Hg. v. produktbezogen.de*, zuletzt geprüft am 20.05.2017.
- Gibson, D. V.; Kozmetsky, G.; Smilor, R. W. (1992): *The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks*: Rowman Littlefield Publishers (International series on technical innovation and entrepreneurship).
- Glaser, B.; Strauss, A. (1979): Die Entdeckung gegenstandsbezogener Theorie: Eine Grundstrategie qualitativer Sozialforschung. In: Christel Hopf, Elmar Weingarten (Hrsg.): *Qualitative Sozialforschung*. Klett-Cotta, Stuttgart 1979, ISBN 3-12-923591-4, S. 91–111.
- Godin, B. (2014): *The Vocabulary of Innovation: A Lexicon*. Project on the Intellectual History of Innovation. Montreal. S. 8-10.
- Goh, S.; Choi, M.; Lee, K.; Kim, K.-M. (2016): How complexity emerges in urban systems: Theory of urban morphology. *Physical Review E*. 93. 10.1103/PhysRevE.93.052309 .
- Göthlich, S. E. (2003): Fallstudien als Forschungsmethode: Plädoyer für einen Methodenpluralismus in der deutschen betriebswirtschaftlichen Forschung, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 578, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel.
- Gottschalk, C.; Hamm, R. (2011): Toleranz, Talente und Technologien: Die räumliche Verteilung der kreativen Klasse in Deutschland, *Wirtschaftsdienst*, ISSN 1613-978X, Springer, Heidelberg, Vol. 91, Iss. 6, pp. 414-421, <https://doi.org/10.1007/s10273-011-1241-7> .
- Grafton, Q.; Daniell, K. A.; Nauges, C.; Rinaudo, J.; Chan, N. (2015): *Understanding and Managing Urban Water in Transition*. Dordrecht, s.l.: Springer Netherlands (Global Issues in Water Policy, 15). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-9801-3> .
- Granovetter, M. (1973): The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, vol. 78, no. 6, 1973, pp. 1360–80. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/2776392>.
- Grechenig, T. (2010): *Softwaretechnik. Mit Fallbeispielen aus realen Entwicklungsprojekten*. München: Pearson Studium (it Informatik).
- Grimm, P. (2011): *Metamodell und Plattform für Mustersprachen und Musterkataloge*. Diplomarbeit Nr. 3190, Universität Stuttgart.
- Grübler, A. (1990): *The rise and fall of infrastructures. Dynamics of evolution and technological change in transport*. Techn. Univ., Diss-Wien. Heidelberg: Physica-Verl. (Contributions to economics).
- Grundschober, I. (2017): *Wissensmanagement durch Mustersprachen*. Isabell Goes Edu-Tech. <https://isabellgru.eu/index.php/2017/03/25/wissensmanagement-durch-mustersprachen/> (abgerufen am 02.01.23).
- Guallart, V.; Bárcena, C.; Gratacòs, R. (2015): *City Anatomy: A Framework to support City Governance, Evaluation and Transformation*. City Protocol Agreement (CPA-I₀1 – v2).
- Gutzmer, A. (2016): *Urban Innovation Networks. Understanding the City as a Strategic Resource*. 1st ed. 2016. Cham, s.l.: Springer International Publishing. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-24624-6> .
- Haarmann, A.; Lemke, H. (2009): Die Kunst der Stadtentwicklung. In: *Kultur - Natur. Kunst und Philosophie im Kontext der Stadtentwicklung* (Herausgeber). Berlin: Jovis. ISBN 978-3-939633-92-1 .
- Hägerstrand, T.; Pred, A.; Haag, G. (1973): *Innovation diffusion as a spatial process*. 2. impr. Chicago, Ill.: Univ. of Chicago Press.
- Hård, M. (2010): *Urban machinery. Inside modern European cities*. Cambridge, Mass.: MIT Press (Inside technology).
- Harrer, A.; Martens, A. (2005): Ansatz zur Definition einer Mustersprache für Lehr-/Lernsysteme. In: *DeLFI 2005: 3. Deutsche e-Learning Fachtagung Informatik*, 13. - 16. September 2005 in Rostock, Germany. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.. (S. 177-188).

- HannoRad (2017): Fahrrad-Zeitschrift des ADFC für die Region Hannover - 200 Jahre Technikgeschichte des Fahrrads. 1|2017. Online verfügbar unter: http://www.hannorad.de/wp-content/uploads/HannoRad_2017_1.pdf (abgerufen am 15.04.2023)
- Hassan, Z.; Ali, H.; Badawy, M. (2015): Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges, and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications*. 128. 975-8887.
- Hauray, S.; Willinger, S. (2015): Innovationen von gestern und von morgen – Expertenmeinungen. In: *Informationen zur Raumentwicklung* (3), S. 301–309, zuletzt geprüft am 26.03.2017.
- Heideloff, F.; Radel, T. (1998): *Organisation von Innovation: Strukturen, Prozesse, Interventionen*. 2., verbesserte und erweiterte Auflage, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, ISBN 3-87988-325-4 .
- Heineberg, H.; Kraas, F.; Krajewski, C. (2017): *Stadtgeographie (UTB M / Uni-Taschenbücher) (Grundriss Allgemeine Geographie)* (5. überarb. Aufl.). utb GmbH.
- Heinrichs, D. (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B., Winner, H. (eds) *Autonomes Fahren*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_11.
- Henderson, J. V. (2007): Understanding knowledge spillovers, *Regional Science and Urban Economics*, Volume 37, Issue 4, Pages 497-508, ISSN 0166-0462, <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2006.11.010>.
- Henning, K.; Oertel, R.; Isenhardt, I. (2003): *Wissen - Innovation - Netzwerke. Wege zur Zukunftsfähigkeit*. Berlin: Springer. ISBN: 978-3-642-55462-9.
- Henseling, C.; Hahn, T.; Nolting, K. (2006): *Die Fokusgruppen-Methode als Instrument in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung*. IZT.
- Hillebrand, N. (2016): *Interdependenzanalyse*. Know-how Paper. GPM - Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement.
- Hiltscher, B. (2017): *Potenziale und Anforderungen regulatorischer Experimentierräume (Reallabore)*. Leistungsbeschreibung für die Ausschreibung eines Forschungsgutachtens durch BMWi. BMWi. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Ausschreibungen/leistungsbeschreibung-reallabore-20170626.pdf?__blob=publicationFilev=6, zuletzt geprüft am 02.03.18.
- Hobscheidt, D.; Kühn, A.; Dumitrescu, R. (2020): Development of risk-optimized implementation paths for Industry 4.0 based on socio-technical pattern. *Procedia CIRP*, Volume 91, Pages 832-837. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.242> .
- Hochgerner, J. (2013): *Soziale Innovationen als Prozess der Gestaltung*. Expertengespräch. Zentrum für Soziale Innovation. Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin.
- Hoffmann, O. (2014): *Innovation neu denken. Histozenrierte Analyse der Innovationsmechanismen der Uhrenindustrie*. Univ., Diss.–Fribourg, 2011. Wiesbaden: Springer Gabler (Research). ISBN: 978-3-658-05694-0 .
- Hollatz, J.; Korte, J.; Lapiere, R.; Lehner, F.; Mäcke, P.; Müller, E.; Wehner, B. (1959): *Stadtverkehr. Gestern, heute und morgen*. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-94763-6> .
- Hosang, K. (2021): Was ist Innovation? Karl Hosang. von <https://karlhosang.de/innovation/> (abgerufen am 31. Dezember 2022).
- Howaldt, J. (2012): Zum Begriff der 'Sozialen Innovation'. *Gesellschaftlich notwendige Dienstleistungen – Soziale Innovationen denken lernen*. Expertengespräch. Berlin, 24.10.2012. Online verfügbar unter <http://www.fes.de/wiso/pdf/dienstleistung/2012/241012/howaldt.pdf>, zuletzt geprüft am 02.06.15.
- Hubert, A. (2010): *Empowering people, driving change: Social innovation in the European Union - Bureau of European Policy Advisers (BEPA), July report*.
- Humm, A. (2012): *Friedrich II. und der Kartoffelanbau in Brandenburg-Preußen*. In: Frank Göse (Hrsg.): *Friedrich der Große und die Mark Brandenburg. Herrschaftspraxis in der Provinz*. S. 183–215. Lukas Verlag, Berlin. ISBN 978-3-86732-138-9.

- Iba, T. (2015): Pattern Language 3.0 and Fundamental Behavioral Properties. Danube University. World Conference PURPLSOC. Krems, Österreich, Juli 2015. Online verfügbar unter <https://www.slideshare.net/takashiiba/pattern-language-30-and-fundamental-behavioral-properties-takashi-iba-purplsoc15-keynote-2015>, zuletzt geprüft am 26.03.17.
- Iba, T.; Sakamoto, M.; Miyake, T. (2011): How to Write Tacit Knowledge as a Pattern Language: Media Design for Spontaneous and Collaborative Communities, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 26, S. 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.10.561>.
- Ibert, O. (2005): Wie lassen sich Innovationen planen? In: Informationen zur Raumentwicklung (9/10.2005), S. 599–608.
- Ibert, O.; Christmann, G.; Jessen, J.; Walther, U. (2015): Innovationen in der räumlichen Planung. In: Informationen zur Raumentwicklung (BBSR-Heft 3.2015), S. 171–183, Bonn.
- IDB (2013): Crowd funding: Does it Stimulate Urban Innovation? Cuidades Sostenibles. International Development Bank. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/en/crowd-funding-does-it-stimulate-urban-innovation/> (abgerufen am 12. Dezember 2022).
- Jacobs, J. (1992): The death and life of great American cities. Vintage Books ed. New York: Vintage Books. S. 29.
- Jakubowski, P.; Jahn, M.; Wagner, D. (2017): Die neue Stadtökonomie. Strukturwandel in Zeiten der Digitalisierung. Hrsg.: BBSR, Sonderveröffentlichung, Bonn.
- Jering, A.; Klatt, A.; Seven, J. (2019): Globale Landflächen und Biomasse - nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. S. 12.
- Jessen, J.; Christmann, G.; Ibert, O. (2016): Wie kommt Neuartiges in die räumliche Planung? Innovationsprozesse in Handlungsfeldern der Stadt- und Regionalplanung (InnoPlan). Forschungsbericht, Stuttgart. Städtebau-Institut.
- Johannessen, J.A.; Olsen, B.; Lumpkin, G. (2001): Innovation as newness: What is new, how new, and new to whom?. *European Journal of Innovation Management*. 4. 20-31. <https://doi.org/10.1108/14601060110365547>.
- Johnson, J. (2012): Cities - Systems of Systems of Systems. doi: 10.1007/978-3-642-24544-29.
- Johnson, S. (2002): *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software*. Penguin, New York. ISBN 978-0140287752.
- Jung, W. (2008): Instrumente räumlicher Planung. Systematisierung und Wirkung auf die Regimes und Budgets der Adressaten. Univ., Diss. Hamburg; Kovač (Schriftenreihe Studien zur Stadt- und Verkehrsplanung, 7). ISBN 978-3-8300-3743-9.
- Kabisch, S.; Koch, F.; Gawel, E.; Haase, A.; Knapp, S.; Krellenberg, K.; Zehndorf, A. (2018): Introduction Urban Transformations — Sustainable Urban Development Through Resource Efficiency, Quality of Life and Resilience. In: "Urban Transformations: Sustainable Urban Development through Resource Efficiency, Quality of Life and Resilience"; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Kalisch, D.; Braun, S.; Radecki, A. v. (2016): A Holistic Approach to Understand Urban Complexity. In: Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems XXVII (S. 31–47). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53416-8_3.
- Kelly, K. (2010): *What technology wants*. 1. publ. New York NY u.a.: Viking. ISBN 978-0-670-02215-1.
- Kemp, R. (2009): Eco-innovation and transitions. In: *Energy and Environment Economics and Policy*. Special Issue on Heterodox Environmental Economics.
- Kersting, N. (2017): *Urbane Innovation*. Springer Fachmedien Wiesbaden (Hg.). <https://doi.org/10.1007/978-3-658-07321-3>.
- Kerth, N.L.; Cunningham, W. (1997): Using Patterns to Improve Our Architectural Vision: *IEEE Software* 14(1), S. 53-59.
- Ki-Moon, B. (2012): UN Press Conference on High-level Delegation of Mayors and Regional Authorities. New York, 23 April. Abgerufen am 31. Dezember 2022, von <https://press.un.org/en/2012/sgsm14249.doc.htm>.

- Kim, W.; Kohavi, R. et al. (2004): Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. ISBN: 978-1-58113-888-7.
- Knudsen, C.; Moreno, E.; Arimah, B.; Otieno Otieno, R.; Ogunsanya, O. (2020): World Cities Report 2020 - The Value of Sustainable Urbanization. By: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Nairobi.
- Köhler, J.; Laws, N.; Renz, I. (2017): Anwendung der Mehr-Ebenen-Perspektive auf Transitionen: Initiativen in den kommunal geprägten Handlungsfeldern Energie, Wasser, Bauen & Wohnen. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 01/2017.
- Koether, R. (2004): Taschenbuch der Logistik. München, Wien: Fachbuchverl. Leipzig; Carl-Hanser-Verlag. ISBN: 3446222472.
- Konrad, W.; Nill, J. (2001): Innovationen für Nachhaltigkeit. Ein interdisziplinärer Beitrag zur konzeptionellen Klärung aus wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Perspektive. Berlin: IÖW, 157.
- Kostof, S. (1993): Die Anatomie der Stadt. Geschichte städtischer Strukturen. Frankfurt: Campus-Verlag.
- Kranzberg, M. (1986): Technology and History: 'Kranzberg's Laws.' Technology and Culture 27, no. 3. S. 544–60. <https://doi.org/10.2307/3105385>.
- Krauss, J.; Ciziroglou, P.; Braun, S. (2021): Playbook Kic@BW - Spielzüge und Praktiken für kommunale Innovation & Digitalisierung in Baden-Württemberg; Ergebnisse des Kommunalen InnovationsCenter@bw 2018 – 2020. Digitalakademie@bw, Stuttgart.
- Krawczyk, D. (2016): Vitruvs analogia - Die autonome und autopoietische Architektur mit ihrem verborgenen Anthropomorphismus. PhD Work. <http://dx.doi.org/10.18419/opus-9361>.
- Kreimer, K. (2005): Adaptive Erkennung von Software-Entwurfsmängeln. In: Informatik Forsch. Entw. 19 (3), S. 151–161. DOI: 10.1007/s00450-005-0177-9.
- Kremer, F. (2015): Innovation Seilbahn. Potentiale für den urbanen Personennahverkehr und Positionen der beteiligten Akteure. Berlin: Univ.-Verl. der TU (ISR Impulse Online, 55).
- Kriegel, H.-P.; Schubert, M. (2009): KDD Pipeline. In: Encyclopedia of Database Systems (S. 1586–1587). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_1134.
- Kuhlmann, C. (1997): Diffusion von Informationstechnik. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 1995. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.] (Gabler Edition Wissenschaft).
- Kühn, C. (2009): Christopher Alexanders Pattern Language. Von der 'Notes on the Synthesis of Form' zur 'Pattern Language'. In: ARCH+ (189), S. 26–31.
- Kuhn, T. S. (2012): The Structure of Scientific Revolutions. 50th Anniversary Edition. Chicago: University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-45811-3 .
- Kurzweil, R. (2001): The Law of Accelerating Returns. Essay. Online veröffentlicht unter: <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns> (abgerufen am 23.05.15).
- Landry, C. (2007): The creative city. A toolkit for urban innovators. Reprinted. London: Earthscan. ISBN: 978-185383613-8 .
- Lea, D. (2002): Checklist for writing great patterns. Hg. v. The Hillside Group. Online verfügbar unter <https://hillside.net/index.php/pattern-writing-checklist>, zuletzt geprüft am 05.03.19.
- Leacock, M. (2004): Pattern Library Workflow. boxes and arrows. Online verfügbar unter http://boxesandarrows.com/files/banda/implementing_a_pattern_library_in_the_real_world_a_yahoo_case_study/interaction_pattern_wf.pdf, zuletztgeprftam20.05.2017.
- Lehnerer, A. (2013): Grand Urban Rules. Rotterdam: Distributed Art, 010 Publishers. ISBN 978-9-064-50666-6.
- Leitner, H. (2015): Mit Mustern arbeiten - Eine Einführung. https://www.band2.dieweltdercom-mons.de/essays/mit_mustern_arbeiten.html (abgerufen am 02.01.23).
- Lenntorp, B. (1978): A time-geographic simulation model of individual activity programmes. In Carlstein, T., Parker, D., Thrift, N.J. eds. Timing space and spacing time. Edward Arnold, London, 162-180.
- Lenton, T. M.; Held, H.; Kriegler, E.; Hall, J. W.; Lucht, W.; Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J. (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105 (6), S. 1786–1793. DOI: 10.1073/pnas.0705414105.

- Lenton, T.; Schellnhuber, H. J. (2007): Tipping the scales. In: Nature Reports Climate Change. 1. Jahrgang, 22. November 2007, doi:10.1038/climate.2007.65.
- Lenz, B. (2015): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. s.l.: Springer. Online verfügbar unter <http://www.doabooks.org/doab?func=fulltextrid=18942>.
- Leven, K.-H. (1997): Die Geschichte der Infektionskrankheiten: von der Antike bis ins 20. Jahrhundert. Hüthig Jehle Rehm. ISBN 3-609-51220-2.
- Lichtenthaler, U.; Ernst, H. (2006): Attitudes to externally organizing knowledge management tasks. a review, reconsideration and extension of the NIH syndrome. In: RD Management (36), S. 367–386.
- Lindner, D. (2022): Einleitung. In: Hybride Arbeitswelt. essentials. Springer Gabler, Wiesbaden. pp1-7. online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37318-41>.
- Littré, E. (1872): Dictionnaire de la langue française - Abrégé du dictionnaire de Littré (Le Livre de Poche). ISBN: 978-225305194-7.
- Liu, Z.; He, C.; Zhou, Y.; Wu, J. (2014): How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. Landscape Ecology 29. doi: 10.1007/s10980-014-0034-y.
- Lorenz, E. N. (2008): Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?, Jahrestagung der American Association for the Advancement of Science; laut Science 320, 2008, S. 431.
- Lundwall, E.; Mesnard, J. (2000): Les carrosses à cinq sols. Pascal entrepreneur. [Paris]: Science infuse. ISBN: 978-2914280006.
- Lünnemann, P. (2022): Was ist modellbasiertes Systems Engineering? Mit MBSE den Überblick behalten. Fraunhofer IPK. <https://www.ipk.fraunhofer.de/de/kompetenzen-und-loesungen/digital-engineering/modellbasiertes-systems-engineering/was-ist-model-based-systems-engineering.html> (abgerufen am 12. Dezember 2022).
- Magnago Lampugnani, V. (2011): Die Stadt im 20. Jahrhundert. Visionen, Entwürfe, Gebautes. 2. Aufl. Berlin: Wagenbach. Online verfügbar unter <http://www.gbv.de/dms/faz-rez/SD1201008152801912.pdf>, zuletzt geprüft am 02.03.18.
- Malerba, F.; Orsenigo, L. (1996): Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. Research Policy, Volume 25, Issue 3, Pages 451-478, [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)00840-3](https://doi.org/10.1016/0048-7333(95)00840-3).
- Maniak, R.; Midler, C. (2008): Shifting from co-development to co-innovation. Int. J. Automotive Technology and Management, Vol. 8, No. 4, pp.449–468.
- Manns, M. L.; Rising, L. (2015): Fearless Change. Patterns for Introducing New Ideas. Westford, Massachusetts (Addison Wesley Professional).
- Maps, B. (2019). The 4037 Cities In The World With Over 100,000 People. Brilliant Maps. <https://brilliantmaps.com/4037-100000-person-cities/>.
- Matern, A. (2016): Urbane Infrastrukturlandschaften in Transformation. Städte - Orte - Räume. Bielefeld: transcript (Urban studies). Online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_viewean=9783839430880, zuletzt geprüft am 02.03.18.
- Mather, F. A. (1970): After the canal Duke. A study of the industrial Estates administered by the Trustees of the Third Duke of Bridgewater in the age of railway building 1825-1872. Oxford: At the Clarendon Press.
- Maurer, M.; Gerdes, J. C.; Lenz, B.; Winner, H. (2015): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9>.
- Mayntz, R.; Schneider, V. (1995): Die Entwicklung technischer Infrastruktursysteme zwischen Steuerung und Selbstorganisation. In R. Mayntz, F. W. Scharpf, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung (Eds.), Gesellschaftliche Selbstregulung und politische Steuerung (pp. 73-100). Frankfurt a. M.: Campus Verlag.
- McKeown, M. (2008): The truth about innovation. Harlow, England, New York: Pearson/Prentice Hall, S. 2.
- Meadows, D. H. (1972): The Limits to growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York: Universe Books (Potomac Associates books).

- Meffert, K. (2006): Entwurfsmuster – Elemente wiederverwendbarer Software: Rezension. In: Java Starter. Online verfügbar unter http://www.doktor-meffert.de/download/Rezension_GoF_Entwurfsmuster_meffert.pdf, zuletzt geprüft am 16.09.17.
- Miles, I. (2008): Patterns of Innovation in Service Industries. IBM Systems Journal 47. S. 115 - 128. 10.1147/sj.471.0115.
- Mims, C. (2017): Die 6 Gesetze der Technologie, die jeder kennen sollte. capital.de. <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/die-6-gesetze-der-technologie-die-jeder-kennen-sollte> (abgerufen am 23.02.20).
- MOCI (2014): Calling All Civic Innovators! San Francisco Mayor's Office of Civic Innovation (MOCI). Online verfügbar unter: <https://medium.com/sfmoci/calling-all-civic-innovators-1551986a573b>, zuletzt geprüft am 07.04.23.
- Mohr, J. (2015): Erfindungen: Die Entdeckung der Zeit. Hg. v. Spiegel Online. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/spiegelgeschichte/die-entdeckung-der-zeit-a-1015939.html>, zuletzt geprüft am 23.03.16.
- Moody, D. L.; Shanks, S. (1994): What Makes a Good Data Model? Evaluating the Quality of Entity Relationship Models. In: Loucopoulos, P.: Entity-Relationship Approach - ER'94. Business Modelling and Re-Engineering. 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach. Berlin, Heidelberg etc. S. 94-111.
- Moore, G. (1965): Cramming more components onto integrated circuits. Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965. abrufbar unter: <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf>.
- Morley, D.; Proudfoot, S.; Burns, T. (1980): Making cities work. The dynamics of urban innovation [conference held in May 1977 at York University, Toronto]. Conference "Urban Innovation". London: Croom Helm.
- Müller, E. (2015): Technikgeschichte live. Vom Schießpulver zur Elektromobilität. 3. Auflage. Norderstedt: Books on Demand.
- Munzinger, T. et al. (2013): Integrierte Stadtentwicklungsplanung und Stadtentwicklungsmanagement. Strategien und Instrumente nachhaltiger Stadtentwicklung. Unter Mitarbeit von Arbeitsgruppe der Fachkommission Stadtentwicklungsplanung. Berlin.
- Nagel, E. (2012): Forschungswerkstatt Innovation. Verständnisse - Gestaltung - Kommunikation - Ressourcen. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Nam, T.; Pardo, T. (2011): Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. ACM International Conference Proceeding Series. 185-194. <https://doi.org/10.1145/2072069.2072100>.
- Nefiodow, L. (2017): The Sixth Kondratieff: A New Long Wave in the Global Economy (2. Aufl.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Neugebauer, R. (2017): Ressourceneffizienz. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. Springer-Verlag GmbH. 1. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Fraunhofer-Forschungsfokus).
- Nowotny, H. (2005): Unersättliche Neugier. Innovation in einer fragilen Zukunft. Berlin: Kulturverl. Kadmos (Kulturwissenschaftliche Interventionen, S. 5).
- Nutz, M. (1998): Stadtentwicklung in Umbruchsituationen. Wiederaufbau und Wiedervereinigung als Stressfaktoren der Entwicklung ostdeutscher Mittelstädte ; ein Raum-Zeit-Vergleich mit Westdeutschland. Zugl.: Köln, Univ., Habil.-Schr., 1997. Stuttgart: Steiner (Erdkundliches Wissen, 124).
- OECD (2012): Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships. <https://www.oecd.org/governance/budgeting/PPP-Recommendation.pdf> (abgerufen am 14. Dezember 2022).
- OECD (2013): Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database. OECD. Paris. S. 3.

- Ogburn, W. (1937): *Technological Trends and National Policy, Including the Social Implications of new Inventions*. ISBN: 978-1340312848 .
- Oginga-Martins, J.; Sharifi, A. (2022): *World Cities Report 2022 - Envisaging the Future of Cities*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Nairobi.
- Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2011): *Business Model Generation. Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer*. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verl. (Business 2011). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nl-ebk&db=nlabk&AN=832895>.
- Padilla, M.; Mok, S.; Raj, H. (2018): *Urban farming in the city of tomorrow. Assessing the global landscape on urban food and resource production with the focus on indoor plant and microalgae cultivation*. Fraunhofer IAO, Stuttgart.
- Pahl-Weber, E.; Schwartz, F. (2018): *Stadtplanung*. In: "Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung". Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover. S. 2509-2520.
- Parmar, R.; Mackenzie, I.; Cohn, D. (2014): *The new Pattern of innovation*. Hg. v. Harvard Business Review. Online verfügbar unter <https://hbr.org/2014/01/the-new-patterns-of-innovation>.
- Pedersen, P. O. (1970): *Innovation Diffusion within and between National Urban Systems**. In: *Geographical Analysis* 2 (3), S. 203-254. doi: 10.1111/j.1538-4632.1970.tb00858.x.
- Pelc, O. (2021): *William Lindley (1808-1900), Ingenieur und Stadtplaner. Eine Biografie*. Göttingen: Wallstein Verlag (Hamburgische Lebensbilder, Band 26).
- Pervözl, K. (2021): *Präventive Sicherheit*. Fraunhofer IAIS. https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/Praeventive_Sicherheit.html (abgerufen am 1. Januar 2023).
- Petrich, S. (2006): *Wahnsinn Güterverkehr - Natürlich effizient*. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND), Berlin.
- Pfreundschuh, W. (2017): *Mustertheorie*. Online verfügbar unter http://www.kulturkritik.net/begriffe/begr_txt.php?lex=mustertheorie, zuletzt geprüft am 16.09.17.
- Pipino, L.; Lee, Y.; Wang, R. (2003): *Data Quality Assessment*. *Communications of the ACM*. 45. <https://doi.org/10.1145/505248.506010> .
- Podbregar, N. (2020): *Ein Planet der Städte*. scinexx | Das Wissensmagazin. <https://www.scinexx.de/news/geowissen/ein-planet-der-staedte/> (abgerufen am 18.12.22).
- Polanyi, K. (1977): *The great transformation. Politische und ökonomische Ursprünge von Gesellschaften und Wirtschaftssystemen*. Wien: Europaverlag.
- Popescu, A. I. (2020): "Long-Term City Innovation Trajectories and Quality of Urban LifeSustainability 12, no. 24: 10587. <https://doi.org/10.3390/su122410587> .
- Porombka, W. (2013): *Medialität urbaner Infrastrukturen. Der öffentliche Nahverkehr, 1870-1933*. Bielefeld, Berlin: transcript; De Gruyter (Kultur- und Medientheorie). Online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_o=isbnissnq_o=9783839421680searchTitles=true.
- Prytula, M. (2010): *Der Urbane Metabolismus. Ganzheitliche Betrachtungen zum Ressourcenhaushalt Urbaner Systeme*. In : *Arch +*, Nr. 196/197 Januar 2010: Post Oil City. S. 116-117.
- Pumain, D. (2003): *Scaling Laws and urban systems*. SFI Working Paper. Santa Fe Institute, Santa Fe.
- Pumain, D. (2004): *Scaling laws and urban systems*. Santa Fe Institute. Paris (SFI Working Paper: 2004-02-002). S. 9-10.
- Radecki, A. v. (2013): *Wer finanziert die Städte von morgen?* *Wirtschaftswoche*. Online verfügbar unter <http://www.wiwo.de/technologie/green/klimaschutz-wer-finanziert-die-staedte-von-morgen/13545956.html>, zuletzt geprüft am 02.04.17.
- Radecki, A. v. (2019): *Transformationsmodell für nachhaltige Stadtsysteme : Entwicklung und Erprobung eines systemischen Technologiemanagementansatzes für Städte*. Universität Stuttgart. <https://doi.org/10.18419/OPUS-10637> .
- Rammert, W. (2010): *Die Innovationen der Gesellschaft*. TU Berlin (Technical University Technology Studies, TUTS-WP-2).

- Rammner, S.; Weider, M. (2011): Das Elektroauto. Bilder für eine zukünftige Mobilität. Berlin: Lit (Mobilität und Gesellschaft, 5). Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-643-11240-8>.
- Rebar (2005): Park(ing) Day. Online verfügbar unter: <https://www.myparkingday.org/> (abgerufen am 19.11.22).
- Rehmann-Sutter, C. (1996): Leben beschreiben. Über Handlungszusammenhänge in der Biologie. Würzburg: Königshausen Neumann.
- Reiß-Schmidt, S. (2016): Städte brauchen Innovationen – aber welche? Digitalisierung und Smart Cities als Herausforderungen für die Stadtentwicklung. In: TranCit (1), S. 18–20, zuletzt geprüft am 02.04.2017.
- Ribbeck, E. (2015): Globales Städtesystem. Definition. Bundeszentrale für politische Bildung. Bonn (Dossier). Online verfügbar unter <http://www.bpb.de/internationales/weltweit/megastaedte/64742/globales-staedtesystem>, zuletzt geprüft am 06.06.15.
- Richter, M.; Seidel, U.; Wangler, L. (2014): SystemInnovationen – Handlungsoptionen für zukunftsfähige Spitzentechnologien. In: IIT Perspektive (Nr. 17), S. 1–8.
- Ries, E. (2023): Lean Startup. Schnell, risikolos und erfolgreich Unternehmen gründen. 9. Auflage. München: Redline Verlag. ISBN: 978-3868-81567-2 .
- Rittel, H.; Webber, M. (2013): Dilemmas in einer allgemeinen Theorie der Planung. In: Horst Rittel (2013): Thinking Design – Transdisziplinäre Konzepte für Planer und Entwerfer. Herausgegeben von Wolf D. Reuter und Wolfgang Jonas, BIRD, Birkhäuser, Basel. S. 20–38.
- Ritter, M. (2006): Absicherung von Katastrophen-Risiko über Kapitalmärkte. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=750987>.
- Robinson, J. A.; Joshi, A. M.; Vickerie-Dearman, L.; Inouye, T. (2019): Chapter 8: Urban innovation: at the nexus of urban policy and entrepreneurship. In: Handbook of Inclusive Innovation, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781786436016.00017> .
- Rogers, E. M. (2003): Diffusion of innovations. 5. ed., Free Press trade paperback ed. New York, NY: Free Press.
- Rohde, M. (2017): World Metro Database - metrobits.org. <https://mic-ro.com/metro/table.html> (abgerufen am 19.11.22).
- Rotmans, J.; Kemp, R.; van Asselt, M. (2001): More evolution than revolution: transition management in public policy. In: Foresight Vol. 3 (1), S. 15–31.
- Rückert-John, J. (2013): Soziale Innovation und Nachhaltigkeit. Perspektiven sozialen Wandels. Wiesbaden: Springer VS (Research). Online verfügbar unter <http://eres.lb-oldenburg.de/redirect.php?url=http://lib.mylibrary.com/detail.asp?id=500152>.
- Rüger, J.; Buchheim, A. (2021): Klimaschutz in Zahlen - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2021. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Berlin.
- Sack, G. (2020): Urban Tech Republic - Urbane Technologien. Online verfügbar unter: <https://urbantechrepublic.de/der-standort/> (abgerufen am 01.11.22).
- Sahr-Pluth, J. (2007): Zukunft von Stadt und Region. Strategien und Verfahren für Forschung und Politik. Beiträge zum Forschungsverbund 'Stadt 2030'. Difü: Springer (Band V).
- Schäpke, N.; Stelzer, F.; Singer-Brodowski, M. (2017): Reallabore im Kontext transformativer Forschung. Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand. In: Transdisciplinary Sustainability Research (01).
- Schellnhuber, J.; Messner, D. et al. (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. 2. veränderte Auflage. WBGU, Berlin. ISBN: 978-3-936191-38-7 .
- Schelp, J. (2000): Qualität von Datenmodellen. In: Modellierung mehrdimensionaler Datenstrukturen analyseorientierter Informationssysteme (S. 13–90). Deutscher Universitätsverlag. https://doi.org/10.1007/978-3-322-97811-0_2.

- Schmidt, H.-J. (2005): Tradition, innovation, invention. Fortschrittsverweigerung und Fortschrittsbewusstsein im Mittelalter. Berlin: Walter De Gruyter (Scrinium Friburgense, Bd. 18). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/uniregensburg/Doc?id=10585536>.
- Schneidewind, U.; Scheck, H. (2013): Die Stadt als „Reallabor“ für Systeminnovationen. In: Jana Rückert-John (Hg.): Soziale Innovation und Nachhaltigkeit: Perspektiven sozialen Wandels. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 229–248.
- Schneidewind, U.; Singer-Brodowski, M. (2014): Transformative Wissenschaft. Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. 2., verb. und aktualisierte Aufl. Marburg: Metropolis-Verlag.
- Schock, C. (2018): Abschlussbericht der Förderung zur internationalen Zusammenarbeit in der angewandten Forschung (PIZ) „CRISP-DM – ein Ansatz zur Systematisierung von Digitalisierungsprojekten in Produktionsumfeldern“, Bayreuth.
- Schönwandt, W. L. (2002): Planung in der Krise? Theoretische Orientierungen für Architektur, Stadt- und Raumplanung. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-01234-4>.
- Schuler, D. (2014): Pattern Languages. An Approach to Holistic Knowledge Representation. Public Sphere Project, 2014.
- Schumpeter, J. A.; Röpke, J. (2006): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Nachdr. der 1. Aufl. von 1912. Berlin: Duncker und Humblot.
- Schütt, E. (1995): Chronik Hamburg. Herausgeber: Bertelsmann Lexikon Institut. Gütersloh/München, Band 18. ISBN: 9783577144438.
- Schwarz, S.; Mühlroth, C. (2013): Service Success Factor Map – Identifikation, Einordnung und Interdependenzanalyse von Erfolgsfaktoren für Service Innovationen. Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013.
- SEDAC (2018): The Human Footprint 1993 | Socioeconomic Data and Applications Center. Online verfügbar unter: <https://sedac.ciesin.columbia.edu/maps/gallery/search>.
- Seedtable (2020): Startup Tech Statistics, Trends and Data: The Ultimate List 2020. Online verfügbar unter: <https://www.seedtable.com/european-tech-statistics>, zuletzt geprüft am 24.02.2020.
- Selle, K. (2005): Planen. Steuern. Entwickeln. Über den Beitrag öffentlicher Akteure zur Entwicklung von Stadt und Land. edition stadt 1 entwicklung, Dortmund/Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- Selle, K. (2014): Innovation: Fragezeichen. Klärungsbedarf bei der Diskussion um und der Erzeugung von Neuerungen in der Planung, zuletzt geprüft am 26.03.17.
- Semmelmann, K. (2019): Kobold AI. crisp. <https://www.kobold.ai/?s=crisp> (abgerufen am 19.11.22).
- Sickinger, R. (2015): Wie Pattern Languages zur Entwicklung einer zukunftsfähigen gebauten Umwelt beitragen können. Donau-Universität Krems, Zentrum für Konzeptionelle Architektur. Online verfügbar unter http://www.ibo.at/de/artikel/documents/pattern_languages_donau_uni_krems_000.pdf, zuletzt geprüft am 16.09.17.
- Siebel, W. (2002): Wie organisiert man Innovationen? Erfahrungen aus der Internationalen Bauausstellung Emscher-Park und der EXPO 2000 Hannover. Senftenberg, 07.01.2002.
- Siedentop, S. (2018): Case Studies and Comparative Research – Methodological Foundations. International Doctoral College (Vortrag am 12. März 2018), Wien.
- Simmie, J.; Sennett, J. (1999): 'Innovative clusters: global or local linkages?' National Institute Economic Review [J], 170: 87-98. <https://doi.org/10.1177/002795019917000112>.
- Sinning, H. (2007): Stadtplanung – Stadtentwicklung – Stadtmanagement: Herausforderungen für eine Nationale Stadtentwicklungspolitik. In: vhw FW 6, zuletzt geprüft am 01.04.17.
- Smith, D. (2013): Animating Global Innovation Diffusion - Public Transport. Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, zuletzt geprüft am 22.03.16.
- Som, O. (2010): Messung und Bewertung der Innovationsfähigkeit produzierender Unternehmen. Innovationsfähigkeit - Theorien und Indikatoren. Vortrag 9. Juli, Berlin.
- Sommerville, I. (2012): Software Engineering (Pearson Studium - IT) (9. Aktual.). Pearson Studium - ein Imprint von Pearson Deutschland. ISBN 978-3868940992.

- Spiegel (2022): Konsumforschung im Musterdorf Haßloch ist zu Ende. Online verfügbar unter: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/service/nach-35-jahren-konsumforschung-im-musterdorf-hassloch-ist-zu-ende-a-d4912155-fd6f-4081-9809-cc5c94eaa3fe> (abgerufen am 16.04.2023).
- Ståhlbröst, A.; Hols, M. (2012): The Living Lab Methodology Handbook - A Transnational Nordic Smart City Living Lab Pilot (SmartIES). Social Informatics at Luleå University of Technology and CDT – Centre for Distance-spanning Technology, Sweden.
- Stark, W. (2017): Improvisation und Organisation. Muster zur Innovation sozialer Systeme. 1. Aufl. Bielefeld: transcript-Verlag (Kultur und soziale Praxis). Online verfügbar unter <https://doi.org/10.14361/9783839426111>.
- Stark, W.; Humpert, G. (2010): Vom Organisationsmuster zur organisationalen Mustersprache – Was sind Muster in sozialen Systemen? Hg. v. micc-project. Online verfügbar unter <http://micc-project.org/?p=211>.
- Statista (2022): Deutschlands grünste Städte 2016. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/417098/umfrage/deutschlands-gruenste-staedte/> (abgerufen am 19.11.2022).
- Stoewer, H.; Nicols, D. (2021): Building the Systems Engineering Workforce of the Future - Education, Training and Development of System Engineers. White Paper DRAFT for Discussion. International Council on Systems Engineering.
- Stoltman, J. P. (2012): 21st Century Geography: A Reference Handbook. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc. ISBN 978-1412974646 .
- Suh, N. P. (1990): The Principles of Design (Oxford series on advanced manufacturing; 6). OUP, New York, ISBN 0-19-504345-6 .
- Supe, H. (1976): Ein Beitrag zur Verbesserung von Planungsprozessen in Stadtentwicklung und Stadtwirtschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Fachgruppe Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 2426). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-88571-5> .
- Suska, P. (2018): Why do we support smart city financing? Lighthouse cities und follower cities. Online verfügbar unter: https://www.morgenstadt.de/en/innovationsfelder/smart_city_financing.html (abgerufen am 27.12.22).
- Tarde, G. (1903): The Laws of Imitation. New York, NY: Henry Holt and Company.
- Terstegge, C. (2021): Alte und historische Karten von Hamburg. Online verfügbar unter: https://www.christian-terstegge.de/hamburg/karten_hamburg/index.html (abgerufen am 07.04.23).
- Thamm, A. (2021): Was ist Feature Engineering | Data Science & KI Glossar. <https://www.alexanderthamm.com/de/data-science-glossar/feature-engineering/> (abgerufen am 19.11.22).
- Thompson, M. (2018): Playing with the Rules of the Game: Social Innovation for Urban Transformation. International Journal of Urban and Regional Research. 10.1111/1468-2427.12663 .
- Tilly, C. (2002): Stories, Identities, and Political Change. Rowman Littlefield Publishers. p. 72. ISBN 9781461642602 . Retrieved 18 October 2014.
- Tokyo, R. K. K. (2001): tokyoto no rekishi sanpo (jo). yamakawa shuppansha, S. 122. ISBN: 4-634-29130-4 .
- Torni History (2002): <http://www.corkscrew-balloon.com/02/06/1eur/03torni.html> (abgerufen am 14. Dezember 2022).
- Troy, P. N. (1995): Technological change and the city. Leichhardt: Federation Press. ISBN 1-86287-184-1 .
- Turkovic, S. (2022): Potenziale von Big Data und künstlicher Intelligenz zur Optimierung von Geschäftsprozessen im Handel. Bachelorarbeit, Hochschule Mittweida, Fakultät Medien.
- Turner, F. (2008): From Counterculture to Cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism (Illustrated). University of Chicago Press.
- Uber (2016): Uber’s Presence Map global. Online verfügbar unter <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=z-VMQ-QWLo8I.ky1VVrJy5ZGQhl=de>, zuletzt geprüft am 22.03.23.

- Ufer, J. (2008): Architekturmuster und das Verstehen von Informatiksystemen. Eine Analyse und Unterrichtsbeispiele für die Sekundarstufe II. Saarbrücken: VDM Verl. Müller.
- UK Public Contracts Regulations (2015): UK Statutory Instruments 2015 No. 102, Part 2, Chapter 2, Section 3, Regulation 31.
- Ulmer, F.; Wörner, R.; Krüger, S. (2022): AMEISE - Automatisierter Linienbus in Waiblingen/Ameisenbühl. Ganzheitliche Forschung zu den Potenzialen des autonomen Fahrens im ÖPNV. online verfügbar unter: <https://ameise.wandelgesellschaft.de/front/>, zuletzt geprüft am 07.04.23.
- UN (2018): Department of Economic and Social Affairs, Population Division - The World's Cities in 2018. Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417).
- UN-HABITAT (2006): The state of the world's cities report 2006/7. 30 years of shaping the habitat agenda. United Nations Human Settlements Programme. London: Earthscan.
- Unruh, G. (2000): Understanding carbon lock-in. In: Energy Policy Volume 28 (Issue 12), S. 817–830.
- Urbanet (2016): The world urban population | Infographics. Online verfügbar unter: <https://www.urbanet.info/world-urban-population/> (abgerufen am 02.01.23).
- Urbistat (2021): Karten, Analysen und Statistiken zur ansässigen Bevölkerung. Bevölkerungsbilanz, Bevölkerungs- und Familienentwicklung, Altersklassen und Durchschnittsalter, Familienstand und Ausländer. Online verfügbar unter: <https://www.urbistat.com/eng/> (abgerufen am 06.10.2021).
- Utterback, J. M. (1994): Mastering the Dynamics of Innovation. Boston: Harvard BusinessSchool Press.
- Westraadt, L.; Calitz, A.; Cullen, M. (2019): Guidelines for Managerial Decision Making in Smart Cities: A South African Perspective.
- Wuppermann, B. (2016): Fahrradfahren in Bremen – Die Ersten Jahre. Online verfügbar unter: <https://www.bremenize.com/fahrradfahren-in-bremen-die-erste-jahre/> (abgerufen am 06.10.2021)
- VDV (2021): Autonome Busse in Deutschland: Liste Details der Projekte | <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx> (abgerufen am 14. Dezember 2022).
- Venditti, B. (2022): Visualizing the Material Impact of Global Urbanization. Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-material-impact-of-global-urbanization/> (abgerufen am 02.01.23).
- Vrhovac, Z.; Ruess, P.; Schaufler, C. (2021): #ELASTICITY - Experimentelle Innenstädte und öffentliche Räume der Zukunft. <https://doi.org/10.24406/PUBLICA-FHG-301096> .
- WCD (2022): World Cities Database | Simplemaps.com. online verfügbar unter: <https://simplemaps.com/data/world-cities>, abgerufen am 21.11.22.
- Weber, T. (2016): Tokyo - eine Biografie: Menschen und Schicksale von Edo und dem Stadtgründer Ota Dokan bis Kaiser Hirohito und dem Ende der alten Stadt Tokyo.
- Weiß, E.; Wettengl, S. (1999): Abwarteblockaden bei technologischen Systeminnovationen. Dissertation. Universität Göttingen, Göttingen. Online verfügbar unter http://wettengl.info/60_Veroeffentlichungen/Diss1999Abstract.pdf.
- Weisshaupt, B. (2015): Systeminnovation - Die Welt neu entwerfen. Orell Füssli Verlag.
- Wieggers, K.; Joy, B. (2013): Software Requirements (Developer Best Practices), English Edition (3. Aufl.). Microsoft Press. ISBN 978-0735679627 .
- Wohlfart, L.; Sturm, F.; Wagner, F. (2019): Erschließen neuer Märkte durch frugale Innovationen. 10.1007/978-3-658-25068-3_12.
- WUR (2021): Urban Systems Engineering - Wageningen University & Research. <https://www.wur.nl/en/education-programmes/master/msc-programmes/msc-urban-environmental-management/thesis-tracks-of-urban-environmental-management/urban-systems-engineering.htm> (abgerufen am 18.12.22).
- Zapf, W. (1989): Über soziale Innovationen. In: Soziale Welt 40 (1-2), S. 170–183. Online verfügbar unter <http://www.fhnw.ch/sozialarbeit/intranet/studierende/studiengang-soziale-arbeit-olten-und-basel/master/zapf-1989.pdf>, (abgerufen am 02.06.15).
- Zemanek, H. (1992): Das geistige Umfeld der Informationstechnik. Berlin, Heidelberg: Springer (Edition SEL-Stiftung). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-76828-6> .

- Zhang, J., Cheng, J., Philbin, S. et al. (2022): Influencing factors of urban innovation and development: a grounded theory analysis. *Environ Dev Sustain*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02151-7> .
- Zhao, P., Chapman, R., Randal, E., Howden-Chapman, P. (2013): Understanding Resilient Urban Futures: A Systemic Modelling Approach. In *Sustainability* (Bd. 5, Issue 7, S. 3202–3223). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su5073202> .
- Zhou, J. (2021): If you want creativity, take a zero off your budget. *Medium*. Online verfügbar unter: <https://msjuliazhou.medium.com/if-you-want-creativity-take-a-zero-off-your-budget-f01bc5b53a> (abgerufen am 23.03.23).
- Zweck, A. (1993): Die Entwicklung der Technikfolgenabschätzung zum gesellschaftlichen Vermittlungsinstrument. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Studien zur Sozialwissenschaft, 128). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-97035-0> .
- Zwemer, D. (2019): MBSE for Urban Systems | Part 1 – Introduction. Intercax. <https://intercax.com/2019/01/29/mbse-for-urban-systems-part-1-introduction/> (abgerufen am 12. Dezember 2022).

Anhang

Übersicht und Dokumentation der verwendeten Daten:

1. *Datenbank DB1 - Evolution Stadtsysteme (Tabellen A-M)*
2. *Datenbank DB2 - Definition urbaner Schlüsselinnovationen*
3. *Datenbank DB3 - Liste ergänzender Fallstudien*
4. *Checklisten zu UI-Kriterien (notwendige Bedingungen)*
5. *Tabelle N - Rohdaten für φ von Städten*
6. *Tabelle O - aggregierte UI-Leistung φ von Städten*
7. *Tabelle P - Kontextvariablen für TOP30-Städte (seit 2000)*
8. *Tabelle Q - Diffusionsmetriken für UI*
9. *Tabelle R - Diffusionsverläufe $D_{1-5} \rightarrow$ Städte*
10. *Fallbeispiel UI-47: Fahrradinfrastruktur*
11. *Tabelle S - Iterationsstufen 1-3 der Muster-Prototypen*
12. *Tabelle T - Bevölkerungsentwicklung von TOP8-Städten*
13. *Tabelle U - Datenmatrix für Netzwerkanalyse (52 Städte)*
14. *Tabelle V - Zentralitätsmaße und Häufigkeit der UIP*
15. *Erhebungsdesign - quantitative Expertenbefragung*
16. *Tabelle W - Auswertung Experten-Survey*
17. *Tabelle X - Checkliste für Anwendungsfall Stuttgart*
18. *Übersicht verwendeter Software und Werkzeuge*

1 Datenbank DB1 - Evolution Stadtsysteme

1.1 Tabelle A - Evolution Mobilitätssystem (1662 - 2016)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1662	ÖPNV	Pferdeomnibus als ÖPNV (mehrere Linien)	Cinque Carrosses	Paris, FR
1817	Fahrzeug	Fahrrad	-	Mannheim, D
1823	Schienenverkehr	Walzverfahren für Puddelstahl	-	-
1824	Buslinie	Pferdewagen für mehrere Person	-	Manchester, UK
1839	Straßenbahn	Pferdeantrieb auf Schienen	-	Montbrison-Montrond, FR
1840	Schienenverkehr	ortsübergreifende Standardzeit	Railway time	London, UK
1862	Infrastruktur	Stollenrahmen aus Eisen statt Holz	Bergbau	Naensen, UK
1863	U-Bahn	Cut-and-Cover-Tunnelbau	-	London, UK
1870	ÖPNV	Rohrpostsystem	Beach Pneumatic Transit	New York, USA
1879	Schienenverkehr	elektrische Lokomotive	-	Berlin, D
1881	Beleuchtung	elektrische Straßenbeleuchtung	-	Godalming, UK
1881	Straßenbahn	elektrischer Antrieb, stromführende Schienen	-	Lichterfelde, D
1882	ÖPNV	elektrischer Oberleitungsbus	Elektromote	Berlin, D
1885	Straßenbelag	Förderverein für Straßenausbau	Road Improvement Association	UK
1886	Fahrzeug	Automobil (Verbrennermotor)	-	-
1888	Fahrzeug	Automobil (Elektromotor)	Flocken-Elektrowagen	Coburg, D
1890	U-Bahn	elektrisch betriebene Züge mit Lokomotivbespannung	-	London, UK
1891	Taxi	Taximeter	-	-
1893	Fußgänger	Rolltreppe	-	New York, USA
1895	ÖPNV	kraftstoffbetriebener Omnibus	-	Siegen, D
1896	Infrastruktur	Straßentunnel	Schwabtunnel	Stuttgart, D
1897	Taxi	Motortaxi mit Taxameter	Daimler Motor-kutsche	Stuttgart, D
1897	Taxi	Elektro-Taxi	-	New York, USA
1901	ÖPNV	Einschienehängbahn	Einschiene Hängbahn	Wuppertal, D
1901	Parkgarage	Einsatz Stahlbeton und Lastenaufzüge für Stellflächen	-	London, UK
1908	Regulierung	Dampflokkverbot	-	New York, USA
1909	Infrastruktur	-	Erstes Tankstellenverzeichnis	Deutschland
1910	Taxi	Taxi-Fernrufsäule	-	USA
1911	Fahrzeug	elektrischer Anlasser	-	USA
1914	Regulierung	elektrisch betriebene Lichtsignalanlage	-	Cleveland, USA

ff.	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1935	Parkmanagement	Parkuhr	münzgesteuertes Messgerät	Oklahoma City, USA
1948	Fußgänger	Zebrastrreifen	punktierte Linien	London, UK
1967	ÖPNV	vollautomatische Monorail	Expo-Express	Montreal, CAN
1968	Paradigma	Optimierungsverfahren	Braess-Paradoxon	-
1974	ÖPNV	Bus Rapid Transport System	Speedybus	Curitiba, BRA
1975	Regulierung	City-Maut	ALS - Area Licensing Scheme	Singapur
1995	Fahrrad	Bike-Sharing	Bycyklen	Kopenhagen, DK
1998	Regulierung	City-Maut	ERP - Electronic Road Pricing	Singapur
1999	ÖPNV	Autonomes Fahrzeug	Connexion Bus	Rotterdam, NL
2001	Fußgänger	automatisierte Straßen-/Bahnüberquerung	Schmid-Peoplemover	Pfullingen, D
2001	Individualmobilität	Einpersonen-Transportmittel	Segway PT	Bedford, USA
2004	Seilbahnsystem	Einsatz in urbanem Gebiet	Metrocable	Medellin, COL
2005	Fahrrad	Bike-Sharing mit digitalem Zugang	Nextbike	Leipzig, D
2007	Regulierung	sensorintegrierter Zebrastrreifen mit LED-Leuchten	-	Deizisau, D
2009	Fahrzeug	Automobil mit Elektromotor (Mikro)	Smart fortwo electric	-
2009	Peer-to-Peer Car-Sharing	Onboard-Unit mit Online-Entleihsystem	Getaround	San Francisco, USA
2010	Assistenzsystem	Taxi-App	My Taxi	Hamburg, D
2010	Assistenzsystem	Mobility-on-Demand	Uber	San Francisco, USA
2010	öffentlicher Parkraum	dynamisches Analysetool zur bedarfsabhängigen Bepreisung	-	San Francisco, USA
2011	Free Floating Car-Sharing	Sharing-System	car2go electric	Amsterdam, NL
2011	Fußgänger	Freiluft-Rolltreppe	-	Medellin, COL
2011	Gesetzgebung	Strassenzulassung für Autonome Fahrzeuge	-	Nevada, USA
2012	Assistenzsystem	Intermodale Navigation	Moovel	Berlin, D
2012	ÖPNV	Minibus On-Demand	Kutsuplus	Helsinki, FIN
2012	ÖPNV	UV-Beleuchtung in Haltestelle	-	Umea, SWE
2012	Parkmanagement	sensorgestützte Parkraumbepreisung	SFPark	San Francisco, USA
2014	Verkehrsraum	PV-Integration in Asphalt	SolaRoad	Krommenie, NL
2016	ÖPNV	Konzept für Personal-Rapid-Transit-System	SkyTran	-

1.2 Tabelle B - Evolution Gebäudesystem (1849 - 2017)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1849	Konstruktion	Walzverfahren Stahlträger (I-Beam)	-	Hautmont, FR
1851	Konstruktion	Glasfassade	Chrystal Palace	London, UK
1854	Erschließung	absturzsicherer Aufzug	-	Heidelberg, D
1855	Heizung	Gasheizung	-	Heidelberg, D
1855	Wärme	Radiator	-	Heidelberg, D
1857	Bauweise	Vorgefertigtes Bauen	Krankenhaus	Istanbul, TUR
1857	Gebäude	absturzsicherer Aufzug und Gusseiserne Elemente im Tragwerk	Haughwout Store	New York, USA
1859	Fertigungsverfahren	Industrialisierung der Ziegelherstellung	Hoffmannscher Ringofen	Scholwin, POL
1861	Wohnen	Baugenossenschaft	Spotland Road, Rochdale	Rochdale, UK
1862	Wohnen	Baugenossenschaft	-	Hamburg, D
1867	Wohnen	Genossenschaftsgesetz mit unbegrenzter Haftung	-	Preußen
1871	Regulierung	Vorgabe zu feuerfesten Bauweisen	New York Building Law	New York, USA
1876	Wohnen	Baugenossenschaft	Randolph community	New York, USA
1877	Konstruktion	feuerfeste Bauweise von tragenden Stützen	-	Chicago, USA
1877	Wärme	Fernwärmesystem	-	Lockport, USA
1879	Beleuchtung	Glühlampen mit hochohmigen Kohlefaden	-	New York, USA
1881	Konstruktion	Eisenfachwerk	Eiffelturm	Paris, Frankreich
1884	Konstruktion	Stahlskelettbauweise	-	Chicago, USA
1885	Konstruktion	feuerfeste Bauweise von Fußböden und Decken	Terra Cotta Lumber	Chicago, USA
1885	Konstruktion	Stahlskelettbauweise	Home Insurance Building	Chicago, USA
1889	Konstruktion	Stahlfachwerk	Eiffelturm	Paris, FR
1889	Wohnen	Genossenschaftsgesetz mit begrenzter Haftung	Gesetz	Preußen
1894	Warmwasser	Boiler	Flüssigkeitserhitzer	Deutschland
1910	Konstruktion	Hochhaus	Narva-Hochhaus	Berlin, D
1913	Brandschutz	Feuerschutzbestimmungen (Fluchtwege, Treppenhäuser etc.)	-	New York, USA
1922	Konstruktion	Diagonales Stahltragwerk (hyperboloid)	Shukov-Radioturm	Moskau, RUS
1926	Haushalt	Einbauküche	Frankfurter Küche	Frankfurt, D
1927	Elektrifizierung	vollelektrifiziertes Quartier	Römerstadt	Frankfurt, D
1928	Haushalt	elektrischer Kleindurchlauferhitzer (1000 Watt)	-	Holzminden, D

ff.	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1930	Elektrifizierung	elektrifiziertes Quartier	Rauchlose Siedlung	Berlin-Steglitz, D
1950	Wärme	Fernwärmespeicher		London, UK
1966	Automation	Hausautomation	ECHO IV	USA
1973	Konstruktion	Gebäudebausystem	Metastadt (OKAL)	D
1976	Heizung	Energieeinsparungsgesetz (EnEG)	-	D
1978	Heizung	Isolierglas (WSchVO)	-	D
1981	Kühlung	Fernkältesystem	-	Paris, FR
1989	Heizung	Micro-BHKW	Sachs Heiz-Kraft-Anlage	Schweinfurt, D
1993	Nutzung	Schutz durch Bewohnung	Camelot Hauswächter	Amsterdam, NL
1994	Kühlung	Fernkältesystem	-	Stockholm, SWE
2002	Heizung	Energieeinsparverordnung (EnEV)	-	Deutschland
2012	Bauweise	Hochhaus Fertigbauweise	-	Hunan, CHN
2012	Energie	Plusenergiehaus + Elektromobilität	Effizienzhaus-Plus	Berlin, D
2012	Konstruktion	Primärwerkstoff Holz für Hochhaus	LCT ONE	Dornbirn, AUT
2015	Erschließung	Aufzugstestturm	Thyssen-Krupp	Rottweil, D
2017	Wohnen	Mikrowohnhaus auf öffentlichem Raum	Tikku House	Helsinki, FIN

1.3 Tabelle C - Evolution Kommunikationssystem (1837 - 2022)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1837	Nachrichtenübertragung	Telegrafie (drahtgebunden)	-	New York, USA
1854	Wissenszugang	Neutrale Tafel im Stadtraum	Litfaßsäule	Berlin, D
1877	Sprachübertragung	Telefon	-	
1878	Mobilkommunikation	Telefonzelle	-	New Haven, USA
1881	Sprachübertragung	Telefonnetz	Fernmeldeamt	Berlin, D
1898	Nachrichtenübertragung	Telegrafie (per Funk)	-	Straßburg, FR
1904	Mobilkommunikation	Telefonzelle	-	Berlin, D
1946	Informationsverarbeitung	Großrechner	ENIAC	Philadelphia, USA
1958	Informationsverarbeitung	Mikrochip	-	
1971	Informationsverarbeitung	Mikroprozessor	TMS 100	Dallas, TX, USA
1977	Informationsverarbeitung	Personal Computer	Apple II	Los Altos, USA
1987	Datenübertragung	ISDN	-	Mannheim, D
1990	Internet	World Wide Web	-	CERN, CH
1992	mobile Kommunikation	Mobiltelefon	Motorola International 3200	-
1993	Paradigma	kognitive Begrenzung für soziale Beziehungen	Dunbar-Zahl	-
1999	Lokalisierung	ortsbasierte Dienstleistungen	Weather.com App	-
2003	Netzarchitektur	web 2.0	-	-
2004	Online-Community	soziale Netzwerke	Facebook	-
2006	Datenspeicherung	Data Center	Google Data Center	The Dalles, USA
2007	mobile Kommunikation und Information	Smartphone mit Internetzugang und Multitouch	iPhone	-
2008	Nutzeranalyse	Quantified Self	Fitbit Tracker	-
2009	Datenübertragung	Glasfasernetz	-	München, D
2009	Netzarchitektur	Cloud Computing	-	-
2010	Datenübertragung	Maschine-to-Maschine	-	-
2011	Datenverarbeitung	Open Data Portal	Offene Daten Berlin	Berlin, D
2012	Datenübertragung	Glasfasernetz	-	Kansas City, USA
2012	Netzarchitektur	Stadtquartiersnetzwerk	Animus	Düsseldorf, D
2012	Netzarchitektur	Internet der Dinge	-	-
2012	Protokoll	Verbindung digitale und reale Welt (API)	If this then that (IFTTT)	-
2012	Lokalisierung	Augmented wikipedia	Monmouthpedia	Monmouth, UK
2013	Datenerfassung	Sensornetzwerke	Smart Santander	Santander, ESP
2013	Wearable Computing	Smart Goggle	Google Glass	-
2016	Informationsbereitstellung	Multi-Infoterminal	linkNYC	New York, USA
2019	Wearable Computing	Virtual Reality Headset	Oculus Quest	-
2022	Public Services im Metaverse/web3	Verwaltung	Decentraland	Seoul, KOR

1.4 Tabelle D - Evolution Wasserversystem (1804 - 2017)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1804	Wasseraufbereitung	stadtweites Filtrierwerk mit Sandfiltration	-	Paisley, UK
1838	Speicherung	Pumpstation mit Wasserturm	Brentford Pump Station	London, UK
1848	Transport	unterirdische Kanalisation für Lösch- und Abwasser	-	Hamburg, D
1848	Versorgung	Wasserwerk	Zentrale Stadt-wasserkunst	Hamburg, D
1848	Wasseraufbereitung	Regulierung	Public Health Act	UK
1850	Transport	unterirdische Kanalisation	-	Philadelphia, USA
1851	Toilette	öffentliche wassergespülte Toilette	-	London, UK
1852	Wasseraufbereitung	Regulierung	Metropolis Water Act	London, UK
1858	-	Krise	The Great Stink	London, UK
1858	Transport	unterirdische Kanalisation	Eiprofil Rohrquerschnitt	London, UK
1876	Wasseraufbereitung	Rieselfeld	-	Berlin, D
1880	Abwasser	Tonnensystem	-	Weimar, D
1880	Toilette	private wassergespülte Toilette	-	London, UK
1882	Wasseraufbereitung	mechanische Kläranlage mit Klärbecken, Pumpe sowie Schieber	Kläranlage Niederrad	Frankfurt, D
1890	Wasseraufbereitung	Kläranlage mit Chemieeinsatz	-	Worcester, USA
1893	Wasseraufbereitung	Filtrierwerk mit Sandfiltration	Kläranlage Kaltehofe	Hamburg, D
1905	Wasseraufbereitung	Grundwasserwerk für Wasserversorgung	Grundwasserwerk Billbrook	Hamburg, D
1978	Entwässerung	Vakuumkanalisation	Rödiger Haustechnik	D
1907	Wasseraufbereitung	Emscherbrunnen	-	Recklinghausen, D
2007	Kanalisation und Wasseraufbereitung	Vakuumkanalisation mit Energierückgewinnung	Dezentrale Urbane Infrastruktursysteme DEUS 21	Knittlingen, D
2013	Wasserbereitstellung	Wasser-aus-Luft aus Werbetafel	UTEC Water Billboard	Lima, PER
2017	Kanalisation	Inspektion mittels Robotik	Inspektionsroboter für Abwasserkanäle	Ruhrgebiet, D

1.5 Tabelle E - Evolution Energiesystem (1417 - 2015)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1417	Straßenbeleuchtung	privat bereitgestellte Laternen	-	London, UK
1662	Straßenbeleuchtung	öffentliche Öllaternen	-	London, UK
1667	Straßenbeleuchtung	öffentliche Öllaternen	-	Paris, FR
1679	Straßenbeleuchtung	öffentliche Öllaternen	-	Berlin, D
1702	Straßenbeleuchtung	öffentliche Öllaternen	-	Leipzig, D
1803	Straßenbeleuchtung	Gasbeleuchtete Straßenlaternen	-	London, UK
1810	Gasversorgung	Gaswerk	-	London, UK
1825	Gasversorgung	Gaswerk	-	Hannover, D
1855	Brennstoff	Herstellung von Kerosin aus Kohle oder Erdöl		
1866	Erzeugung	elektrischer Generator (Dynamo-Maschine)		
1877	Wärmeversorgung	zentrale Dampf-Fernheizung	-	New York, USA
1878	Straßenbeleuchtung	elektrisch betriebene Straßenleuchten	-	Paris, FR
1880	Straßenbeleuchtung	Große Lichtmasten	Moon Tower	Wabash, USA
1882	Erzeugung	Zentralkraftwerk für Gleichstromtechnik		New York, USA
1882	Straßenbeleuchtung	elektrisch betriebene Straßenleuchten	-	Berlin, D
1887	Gasversorgung	Gaszähler	Münzgasometer	
1889	Kühlung	Fernkältesystem	-	Denver, USA
1891	Erzeugung	Kraftwerk für Wechselstromtechnik	-	Deptford, UK
1911	Straßenbeleuchtung	elektrisch betriebene Straßenleuchten	-	Warren, Ohio, USA
1934	Straßenbeleuchtung	Hochdruck-Quecksilberdampflampen für Straßenbeleuchtung	-	-
2002	Speicherung	Wasserstofftankstelle	-	Surrey, Kanada
2003	Speicherung	Batteriegestütztes Energiespeichersystem	BESS	Fairbanks, USA
2006	Straßenbeleuchtung	LED-Leuchte	-	?
2007	Straßenbeleuchtung	mobilfunkgesteuerte Beleuchtung	Dial4Light	Lemgo, D
2009	Vernetzung	Power-to-Gas	-	Stuttgart, D
2010	Erzeugung	innerstädtische Solaranlage	Exelon City	Chicago, USA
2012	Speicherung	Batteriegestütztes Energiespeichersystem	Natrium-Schwefelbatterie	Berlin, D
2012	Erzeugung	Vergärung von Bioabfällen	Etamax	Stuttgart, D
2013	Speicherung	Power-to-Gas kommerziell	-	Frankfurt, D
2014	Kühlung	Unterirdisches Reservoir	-	Helsinki, FIN
2015	Speicherung	Elektrischer Heimspeicher	Tesla Powerwall	Reno, USA

1.6 Tabelle F - Evolution Logistiksystem (1853 - 2019)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1853	Warentransport	Rohrpostsystem	Pneumatic Dispatch Railway	London, UK
1872	Vertrieb	Bestellversand mit Katalog	Montgomery Ward Mailorder	Chicago, USA
1896	Nutzfahrzeuge	Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor	Phoenix	Stuttgart, D
1899	Schienenverkehr	Güterstraßenbahn	-	Hannover, D
1927	Vertrieb	Einkaufszentrum außerhalb der Stadt	-	Kansas City, USA
1934	Schienenverkehr	Güterhochbahn	Highline	New York, USA
1950	Lieferlogistik	Just-In-Time-Lieferung	Toyota Production System	Toyota, Japan
1954	Vertrieb	Shopping Mall (outdoor)	Northland Mall	Detroit, USA
1956	Standardisierung	Standardisierte Container	TEU	-
1956	Vertrieb	Shopping Mall	Southdale Center	Minneapolis, USA
1961	Standardisierung	standardisierte Palette	Europalette	-
1962	Lagerung	Hochregallager	-	Gütersloh, D
1994	Vertrieb	eCommerce für Buchversand	Amazon	Seattle, USA
1995	Vertrieb	Virtueller Marktplatz	ebay	-
2001	Schienenverkehr	Güterstraßenbahn	CarGoTram	Dresden, D
2001	Zustellung	Pick-up-Station	DHL	Dortmund, D
2001	Nutzfahrzeuge	e-Lastenräder für letzte Meile	Le Petite Reine	Paris, FR
2003	Zustellung	Pick-up-Station öffentlich	Tower24	Dortmund, D
2004	Zustellung	Pick-up-Station privat	Packstation Inhouse	Walldorf, D
2011	Versorgung	Virtueller Supermarkt	Tesco Virtual Subway Store	Seoul, Südkorea
2011	Zustellung	teilautonomes Zustellfahrzeug	VW eT!	Braunschweig, D
2012	Zustellung	anbieteroffene Paketstation	BentoBox	Berlin, D
2013	Warenverteilung	neutrale Abgabe- und Abholstation für Lieferdienste	EinFach	Berlin, D
2013	Versorgung	QR-Code Shopping Straße	-	Oldenburg, D
2013	Nutzfahrzeuge	elektrischer 19t-LKW	EMOSS	Rotterdam, NL
2014	Zustellung	Paketauslieferung per Drohne	Amazon prime air	Seattle, USA
2014	Zustellung	Paketzulieferung in Kofferraum	Volvo's digital key system	-
2014	Zustellung	schlüsselloses Zugangssystem für Haustüren	KIWI.KI	Berlin, D
2014	Zustellung	Gamification-Ansatz für Waren-Automat	Nike Fuelband	New York, USA
2015	Zustellung	Logistik-Hub zur Umladung auf Hybrid- und Elektro-LKW	-	Mannheim, D
2015	Nutzfahrzeuge	Medizintransport per Drohnen	Matternet	-
2019	Lagerung	Supermärkte als innerstädtische Fulfillment Center	Amazon	Los Angeles, USA

1.7 Tabelle G - Evolution Lebensmittelsystem (1798 - 2015)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1798	Privatgärten	Armengärten	Carlsgärten	Kappeln an der Schlei, D
1810	Speicherung	Konservierung	Konservendose aus Blech	Middlesex, UK
1826	Anbau	Bodennutzungsmodell für Landwirtschaft	Thünen'sche Ringe	-
1855	Speicherung	Gerät zum Öffnen von Konservendosen	Dosenöffner	UK
1865	Verarbeitung	Schlachthof mit Fließbandproduktion von Fleisch	Union Stock Yards	Chicago, USA
1876	Speicherung	Kompressions-Kältemaschine	-	München, D
1878	Transport	Eisenbahn-Kühlwagen	-	USA
1910	Erzeugung	Haber-Bosch-Verfahren	-	Deutschland
1919	Anbau	Städtebauliches Leitbild	Sonnenhof	Worpswede, D
1919	Anbau	innerstädtische Anbaugärten	Kriegsgärten	Deutschland
1930	Versorgung	Supermarkt	King-Kullen	New York, USA
1960	Erzeugung	Grüne Revolution	-	Mexico
1966	Versorgung	Direktvertrieb von Tiefkühlkost	Bofrost	Issum, D
1981	Versorgung	Mindesthaltbarkeitsdatum für Lebensmittel	LMKV	Deutschland
1995	Versorgung	Dachgewächshaus auf Supermarkt	Vinegar Factory	New York, USA
1997	Versorgung	Online-Supermarkt	HomeGrocer	Seattle, USA
1999	Verwertung	Containern von Lebensmittelabfällen	-	-
2006	Tierhaltung	Hühnerhaltung in Städten	Urban Chicken	New York, USA
2008	Anbau	Strategie zur Selbstversorgung	Incredible Edible	Todmorden, UK
2009	Anbau	Konzept für innerstädtische Agrikultur	Agropolis	München, D
2010	Anbau	Ersatz von Wechselflorbeeten durch Nutzpflanzen	essbare Stadt	Andernach, D
2010	Verwertung	Internetplattform über Lebensmittelvorkommen	Mundraub.org	-
2010	Anbau	Integration in Bürogebäude	Pasona HQ	Tokio, JAP
2011	Anbau	innerstädtisches kommerzielles Gewächshaus	Lufa Farms	Montreal, CAN
2011	Regulierung	Änderung der Planungsrichtlinien für urbane Landwirtschaft	Urban Agriculture Ordinance	Chicago, USA
2012	Anbau	Modul-Anbausystem Gemüse	The Farmery	Raleigh, USA
2012	Anbau	innerstädtische Dachfarm	Brooklyn Grange	New York, USA
2012	Anbau	Aquaponik-System für Tomaten- und Fisch- Produktion	Tomatenfisch	Berlin, D
2013	Versorgung	frischer Kochbox-Versand	HelloFresh	Deutschland
2014	Anbau	150-acre urban tree farm	Hantz Farms	Detroit, USA
2015	Anbau	Vertical Farming	Plantagon	Linköping, SWE

1.8 Tabelle H - Evolution Freiraumsystem (1637 - 2019)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1637	Parkgestaltung	öffentlicher Park	Hyde Park	London, UK
1825	Mode	Schuhabsatz	-	-
1835	Strassenbelag	Asphaltmastixbelag	Bürgersteig	Paris, FR
1842	Parkgestaltung	öffentlicher Park	Princes Park	Liverpool, UK
1846	Parkgestaltung	Zoo	Wilhelma	Stuttgart, D
1857	Parkgestaltung	-	Central Park	New York, USA
1865	Privatgärten	Schrebergärten	Schreberplatz	Leipzig, D
1886	Fußgängerzone	Boulevard mit Straßenbahn	Kurfürstendamm	Berlin, D
1917	Privatgärten	Kriegsgärten	Victory Gardens	USA
1953	Fußgängerzone	Ausgrenzung von Autofahrern im öffentlichen Raum	Einkaufsstraße Lijnbaan	Rotterdam, NL
1962	Fußgänger	Untergrundnetzwerk	Ville intérieure	Montreal, CAN
1974	Bewirtschaftung	Schafherde für Rasenpflege	-	Curitiba, BRA
1990	Stadtprinzip	stadträumliches Prinzip	Stadt der kurzen Wege	-
1993	Umnutzung Infrastruktur	Rückbau einer Hochbahn	Promenade plantée	Paris, FR
2003	Umnutzung Infrastruktur	Rückbau von Autobahn	-	Seoul, Südkorea
2005	Parkgestaltung	temporäre Umnutzung Parkplatz als Mini-Park	Parklet	San Francisco, USA
2008	Dachbegrünung	Anreizprogramm für Dachbegrünung	Green Roof Property Tax Program	New York, USA
2009	Umnutzung Infrastruktur	Umnutzung einer Hochbahn	Highline Park	New York, USA
2009	Motivation	interaktive Umgebung	Piano Stairs	Stockholm, SWE
2010	Stadtmöblierung	Lade-/Sensorintegration in Parkbank	Strayberry Tree (solar)	Obrenovac, Serbien
2011	Regulierung	Anreizprogramm für städtische Dachgärten	Green Infrastructure Grant	New York, USA
2012	Bewirtschaftung	Städtischer Mähroboter	Lyrex 1000	Wolfsburg, D
2013	Regulierung	optimiertes Anreizprogramm für Parklet-Gestaltung	People St	Los Angeles, USA
2014	Stadtmöblierung	sensorintegrierte Parkbank	Soofa	Boston, USA
2015	Verwertung	erste großflächige Kurzumtriebsplantage in einem europäischen Ballungsraum	Biomassepark HUGO	Gelsenkirchen, D
2017	Transformation von Infrastruktur	Umnutzung einer U-Bahn	Lowline	New York, USA
2019	Biodiversität	Einbeziehung von Tierbedürfnissen in Stadtplanung	Animal-Aided Design	Deutschland

1.9 Tabelle I - Evolution Arbeitssystem (1769 - 2014)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1769	Maschine	Verbesserung des Wirkungsgrad der Newcomenschen Dampfmaschine	-	Smethwick, UK
1771	Maschine	Spinnmaschine mit von Menschenkraft unabhängigen Antrieb	Waterframe	Cromford, UK
1807	Unternehmensform	Aktiengesellschaft (AG)	code de commerce	-
1811	Gesellschaftsbewegung	Luddismus	Maschinensturm	Nottingham, Deutschland
1825	Logistik	Eisenbahn als Transportmittel für Waren und Ressourcen		
1914	Fertigungsverfahren	Fließband im Automobilbau	moving assembly line	Detroit, USA
1936	kommunales Wirtschaftsrecht	Gewerbesteuer	-	Deutschland
1945	Fertigungsverfahren	Just-in-Time-Production (JIT)	Toyota-Produktionssystem (TPS)	Toyota, JAP
1956	Personaleinsatz	40h-Woche	Samstags gehört Vati mir	Deutschland
1962	Planung	Funktionstrennung von Gewerbe und Wohnen	Baunutzungsverordnung	Deutschland
1963	Büroarbeit	Großraumbüro	Cubicle	New York, USA
1973	Fertigungsverfahren	Industrieroboter	FAMULUS	-
1973	Büroarbeit	Telearbeit	-	-
1974	Personaleinsatz	Grundeinkommen	MINCOME Project	Dauphine, CAN
1984	Fertigungsverfahren	generative Fertigung	stereolithography	-
1994	Büroarbeit	Televillage	Bruck an der Leitung	Bruck, Österreich
2001	Fabrik	Lights-out-manufacturing	-	Oshino, Japan
2002	Fabrik	offene Werkstatt	Fablab	Boston, USA
2005	Neue Arbeitsformen	Coworking	Hat Factory	San Francisco, USA
2005	Neue Arbeitsformen	Coworking	HUB	London, UK
2007	Büroarbeit	betriebsinterne Innovation	80/20-Prinzip	Menlo Park, USA
2012	Fabrik	urbane Produktionsstätte	-	Stuttgart, D
2012	Fertigungsverfahren	Cyber-physical Factory	Industrie 4.0	-
2012	Fertigungsverfahren	Rationalisierung menschlicher Arbeit	Baxter	-
2014	Fabrik	Kleinform einer Fabrik (Netzwerk)	Microfactory	Phoenix, Arizona

1.10 Tabelle J - Evolution Entsorgungssystem (1874 - 2013)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1874	Abfallbehandlung	Müllverbrennungsanlage	Destructor	Nottingham, UK
1896	Abfallbehandlung	Müllverbrennungsanlage	MVA Bullerdeich	Hamburg, Deutschland
1897	Transport	Müllfuhrwerk	-	Zürich, Schweiz
1898	Mülltrennsystem	industrielle Mülltrennung und Wiederverwertung	-	München, Deutschland
1928	Entsorgungssystem	normierte Mülleimer und passende LKW-Aufbauten	Patent Ochsner	Zürich, Schweiz
1935	Gemeindeordnung	allgemeine Anschluss- und Benutzungszwang für Müllabfuhr und Abwasserkanalisation	-	Deutschland
1936	Transport	Pressmüllwagen	-	Zürich, Schweiz
1965	Mülltrennsystem	Abfallsauganlage	-	Stockholm, Schweden
1990	Mülltrennsystem	Duales System	Grüner Punkt	Deutschland
1991	Verordnung	Verpackungsverordnung	VerpackV	Deutschland
1997	Müllsammlung	dynamische Abholrouten	-	Chicago, USA
2004	Müllsammlung	intelligenter Mülleimer	SmartBelly	Boston, USA
2008	Vermeidung	Verbot von Plastiktüten in Supermärkten	-	San Francisco, USA
2009	Müllsammlung	autonome Müllbeseitigung	Dustbot	Peccioli, Italien
2009	Müllsammlung	zugangskontrollierte Untergrundcontainer	Twente Milieu	Hegelo, NL
2010	Vermeidung	verpackungsfreier Supermarkt	Unpackaged	London, UK
2012	Transport	elektrisches Müllfahrzeug	BSR	Berlin, D
2012	Biomüll	Kraftstoff aus Bioabfällen	ETAMAX	Stuttgart, D
2012	Paradigma	Kreislaufwirtschaft	Cradle-to-Cradle	Venlo, NL
2013	Müllentsorgung	mobiler Füllstandssensor	Enevo	-

1.11 Tabelle K - Evolution Planungssystem (1699 - 2020)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1699	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Idealstadt	Neuf-Brisach, FR
1808	Selbstverwaltung	preußische Städteordnung	Preußische Städte- reform	Preußen
1854	räumliche Analyse	evidenzbasierte Kartografie	-	London, UK
1875	Stadtplanung	Fluchtliniengesetz	-	Preußen
1882	Stadtprinzip	Bandstadt	-	Madrid, ESP
1898	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Garden City Movement	UK
1918	Stadtplanung	Zoning Law mit Setbacks	NYC Zoning Law	New York, USA
1919	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Neues Bauen	-
1931	Raumplanung	System der zentralen Orte	-	-
1932	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Broadacre City	USA
1933	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Charta von Athen: Die funktionale Stadt	-
1957	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Die gegliederte und aufgelockerte Stadt	Deutschland
1959	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Die autogerechte Stadt – Ein Weg aus dem Verkehrs-Chaos	Deutschland
1960	Stadtprinzip	Rentnerstädte	Sun City	Phoenix, USA
1963	Planungswerk- zeug	CAD-System	Sketchpad	Lincoln, USA
1985	Verkehrsplanung	spontane Selbstorganisation	Shared Space	Oudekaste, NL
1986	Verkehrsplanung	Umweltverbund	-	Freiburg, D
1992	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	nachhaltige Stadt	-
1992	Stadtplanung	Stadtkonzept	Smart City	-
2001	Beteiligung	Online-Partizipation	DEMOS	Hamburg, D
2006	Stadtplanung	Beteiligungskonzept	Transition Town	Totnes, UK
2006	Stadtplanung	Städtebauliches Leitbild	Masdar City	Abu Dhabi, VAE
2009	Quartiersplanung	digitale Optimierung	Kaisersrot	Arnhem, NL
2010	Governance	evidenzbasiertes Management	City Cockpit	Singapur, SGP
2018	Werkzeug	Digitaler Zwilling	Digital City Twin	Singapur, SGP
2020	Stadtprinzip	Zero-Gravity Urbanism	The Line	NEOM, KSA

1.12 Tabelle L - Evolution Sicherheitssystem (1766 - 2014)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1766	Brandbekämpfung	Handdruckspritze	-	
1791	Überwachung	Organisationsprinzip	Panopticon	London, UK
1801	Brandbekämpfung	Feuerhydrant	-	Philadelphia, USA
1811	Brandbekämpfung	Freiwillige Feuerwehr	Pompier-Corps	Saarlouis, FR
1819	Krisenmanagement	Sirene	-	
1846	Brandbekämpfung	Feuerlöschpumpe	Stadtspritze Nr. 2	Heidelberg, D
1874	Brandbekämpfung	automatisches Sprinklersystem	automatic fire extinguisher	New Haven, Connecticut
1902	Brandbekämpfung	Handfeuerlöscher	Spritztüte	-
1904	Brandbekämpfung	Selbstfahrende Drehleiter	Magirus	-
1932	Krisenmanagement	Martinshorn	-	-
1957	Gesundheit	Behandelnder Krankenwagen	Klinomobil	Heidelberg, D
1961	Überwachung	Videüberwachung	CCTV	London, UK
1982	Überwachung	Broken Windows Theorie	New Yorker Modell	New York, USA
1993	Überwachung	Gesamtsystem für Innenstadt	Ring of Steel	London, UK
2005	Überwachung	digitale Überwachung	PRISM	-
2006	Überwachung	akustische Schusserfassung	Shotspotter	Washington, USA
2008	Gesundheit	Telemedizin	-	-
2009	Krisenmanagement	smartphonebasiertes Katastrophenwarnsystem	KATWARN	Berlin, D
2012	Gesundheit	intelligenter Fußboden	IBM Smart Floor	-
2012	Überwachung	präventive (prognose) Überwachung	Domain Awareness System	New York, USA
2013	Planung	polizeigerechte Stadtplanung	-	Frankfurt, D
2014	Gesundheit	Ersthelfer-App	mobile Retter	Langenberg, D

1.13 Tabelle M - Evolution Finanzsystem (1762 - 2013)

Jahr	Subsystem	Innovation	Typ	Ort
1762	Buchführung	Kameralistik	-	Wien, AUT
1767	Flächenbesitz	Auflösung von Kirchengütern	Desamortization	Spanien
1798	Prognose	Malthusische Bevölkerungsfalle	The Principle of Population	-
1807	Unternehmensform	Aktiengesellschaft (AG)	code de commerce	-
1808	Selbstverwaltung	Finanzreform	Erstes Gemeindeedikt	Bayern
1818	Selbstverwaltung	Finanzreform	Zweites Gemeindeedikt	Bayern
1847	Rechtsform	Genossenschaft	-	Weyerbusch, D
1873	Sozialökonomie	Munizipalsozialismus	-	Birmingham, UK
1880	Stadtökonomie	Kommunales Steuersystem	Sanierung des defizitären Stadthaushaltes	Frankfurt, D
1893	Stadtökonomie	Preußisches Kommunalabgabengesetz		Deutschland
1929	Mikroökonomie	Prinzip der minimalen Unterscheidung	Hotellings Gesetz	-
1932	Währungssystem	Freigeld	Wunder von Wörgl	Wörgl, AUT
1936	kommunales Wirtschaftsrecht	Gewerbesteuer	-	Deutschland
1938	Funktion öffentlicher Hand	Daseinsvorsorge	Verwaltung als Leistungsträger	-
1938	Stadt	Grundsteuer	-	Deutschland
1959	Wirtschaftsförderung	Gründerzentrum	Batavia Industrial Center	Batavia, NY, USA
1970	Buchführung	Doppik		
1972	Prognose	Grenzen des Wachstums	Club of Rome	-
1976	Kreditsystem	Mikrofinanzierung	Grameen Bank	Dhaka, Bangladesh
1981	Wirtschaftsförderung	Sonderwirtschaftszone	Urban Economic Zone	UK
1990	Nutzung	Institutionelle Allmendennutzung	Governing the commons	-
1993	Buchführung	Neues Steuerungsmodell	Tilburger Modell	Tilburg, NL
1998	Nutzung	Dilemma bei zu vielen Rechteinhabern	Tragedy of the anticommons	-
2013	Nutzung	gemeinschaftliche Nutzung	Shareconomy	-
2013	Geldautomat	Bitcoin ATM	Robocoin	Vancouver, CAN

2 Datenbank DB2 - Definition urbaner Schlüsselinnovationen

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
1	Technische Hochschule	Hochschulen mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt und Promotions- und Habilitationsrecht, die früher als wissenschaftliche Hochschulen bezeichnet wurden.	Sorbonne	Paris, 1200	Link
2	Turmuhr	große, weithin sichtbare, zumeist in einem Kirchturm oder Uhrturm eingebaute Uhr; in der Regel sind Zifferblätter an allen vier Seiten angebracht.	Westminster Clock Tower	London, 1288	Link
3	Festungsanlage (Stadtmauer mit Geschütz)	eigenständige, meist stark gegliederte Wehranlage aus starkem Mauerwerk, die dem Schutz gegen feindliche Feuerwaffen (z.B. Kanonen) dient.	Vogt von Wierandt	Dresden, 1546	Link
4	öffentliche Badeeinrichtung (Bauwerk)	Badehaus für Menschen in Ballungszentren, die keinen Zugang zu privaten Badeeinrichtungen hatten; oft nach Geschlecht, Religion, Status etc. eingeschränkt.		Tokio, 1591	Link
5	Stadtpark (öffentlich)	Ein Volksgarten bzw. Stadtpark ist eine Gestaltungsform der öffentlichen Parkanlage, die der Bevölkerung in urbanen Räumen Zugang zu Natur/Erholung bietet.	Hyde Park	London, 1637	Link
6	Pferdeomnibus	Ein Pferdeomnibus ist ein Omnibus als öffentliches Verkehrsmittel zur Beförderung mehrerer Personen (lat. 'für alle'), welches von Pferden gezogen wird.	carrosses à cinq sols	Paris, 1662	Link
7	Öllampen (öffentlich)	Öllampen sind Beleuchtungskörper, die mit Ölen als Brennstoff betrieben werden und erstmals in London von der Stadtverwaltung als öffentliche Straßenbeleuchtung eingesetzt wurde.	-	London, 1662	Link
8	Polizei (zentral geführt)	Die Polizei hat in den meisten Städten die Aufgabe, die öffentliche Sicherheit und Ordnung zu gewährleisten und wiederherzustellen. Dies umfasst die Organisation durch eine zentral geführte Behörde.	Polizei-präfektur	Paris, 1667	Link
9	Feuerwehr (städtisch)	Feuerwehr als berufsmäßige Organisation mit kommunalem Auftrag und der Aufgabe, bei Bränden, Unfällen, Überschwemmungen und ähnlichen Ereignissen Hilfe zu leisten.	Feuerknechte	Wien, 1686	Link
10	Mülltrennung (städtisch)	In Philadelphia, USA wurde unter Initiative von Benjamin Franklin zuerst eine städtische Straßenreinigung und Abfallsammlung in Verbindung mit entsprechenden Verordnungen ('waste pits') eingeführt.	-	Philadelphia, 1757	Link
11	Schleifung Stadtmauer	Prozess der Abtragung oder Beseitigung städtischer Befestigungsanlagen, wenn sie militärisch obsolet werden und wachsende Städte mehr Raum benötigen für Plätzen, Esplanaden oder Promenaden.	-	Hannover, 1763	Link
12	Hotel	Beherbergungs- und Verpflegungsbetrieb für Gäste gegen Bezahlung. Sie lösten Herbergen durch zusätzliche Angebote und Komfortfunktionen ab im städtischen Umfeld.	Grand Hotel	London, 1774	Link
13	Mechanische Fabrik	erster industrieller Einsatz dampfgetriebener Turbinen für die Produktion von Erzeugnissen im städtischen Umfeld. Erstes Beispiel hierfür war die Albion Mill in London als fünfstöckige Fabrik.	Albion Mill	London, 1786	Link
14	Wasserwerk	Kommunale Anlage zur Aufbereitung und Bereitstellung von Trinkwasser mit technischen Komponenten wie Filter, Pumpen und (Frisch-)Wasserspeicher bzw. Wasserbehälter.	-	Philadelphia, 1798	Link
15	Neues geometrisches Stadtraster	Teilbereich der Stadtplanung zur Festlegung von Gebäudeabständen, Straßenverläufen und Grundstücksgrößen bzw. -zuschnitten, hier als 'rechteckiges' Raster bei Stadterweiterungen definiert.	Maxvorstadt	München, 1805	Link

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
16	Gaslampen (öffentlich)	künstliches Licht im öffentlichen Raum, das durch brennendes Gas (früher Stadtgas, heute Erdgas) entsteht und durch ein Infrastrukturnetz von Rohrleitungen zu den Leuchten versorgt wird.	Pall Mall	London, 1808	Link
17	Gaswerk	Technische Anlage zur Herstellung, Speicherung und Bereitstellung von technischen Gasen, insbesondere von solchen für städtische Heiz- und Beleuchtungszwecke durch weiterführende Infrastruktur.	Gas Light and Coke Company	London, 1812	Link
18	Spielplatz (öffentlich)	Städtisch definierter öffentlicher Ort oder Fläche mit entwicklungspädagogischer Funktion, an dem verschiedene Spielgeräte vorhanden sind, mit bzw. auf denen Kinder spielen können.	Turnplatz	Berlin, 1811	Link
19	Innenstadttunnel	Technisches Ingenieurbauwerk im Untergrund zur Durchquerung von geologischen Hindernissen (Berg, Fluss) und Benutzung durch Fahrzeuge oder Fußgänger	Thames Tunnel	London, 1825	Link
20	Kläranlage	technische Anlage zur Reinigung und Wiederaufbereitung von Abwasser mit mechanischen, biologischen oder chemischen Verfahren und als Teil einer öffentlichen Wasserversorgung	Sandfiltrierung (Simpson)	London, 1829	Link
21	Bahnhof	Bahnanlage für motorgetriebene Lokomotiven mit mindestens einer Weiche ... (§ 4 Abs. 2 der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO)), Transit für Bahnpassagiere und komplementären Nutzungen	Crown Street railway station	Liverpool, 1830	Link
22	Pferde-Tram	auf Schienen laufendes innerstädtisches Verkehrsmittel, bei dem Pferde als Zugtiere dienen, sie gelten als technische Vorläufer der heutigen Eisenbahnen und Straßenbahnen	John Mason Line	New York City, 1832	Link
23	Schrebergärten	eingezäuntes Stück Land als Garten zur Erholung oder Landwirtschaft und meist Bestandteil einer größeren baurechtlich definierten Anlage, meist organisiert in Vereinen und in städtischer Lage.	Laborer's Friend Society LFS	London, 1832	Link
24	Gussasphalt	natürliche oder technisch hergestellte Mischung aus dem Bindemittel Bitumen und Gesteinskörnungen für Fahrbahnbefestigungen im Straßenbau als Asphalt-Mastix-Belag auf Basis von Seyssel-Asphalt	Pont Morand	Lyons, 1829	Link
25	Hochbahn	innerstädtische Bahnstrecke für Schienenverkehr, deren Fahrweg im Vergleich zur Straßen- oder sonstigen Hauptverkehrsebene auf einer höheren Ebene verläuft	L&GR	London, 1839	Link
26	Kabel-Tram	eine Seilbahn auf Schienen, die von einem stetig umlaufenden Seil gezogen werden, sobald sie sich mit diesem verbinden. Sie wurden ursprünglich durch Dampfmaschinen angetrieben.	-	London, 1840	Link
27	Kanalisation (gemauert)	ein unterirdisches Kanalsystem, in dem über diverse Leitungen das von Menschen erzeugte Schmutzwasser sowie Regen- und Fremdwasser gesammelt und weitergeleitet wird.	Lindley-System	Hamburg, 1843	Link
28	Konsumgenossenschaft	Verbrauchergenossenschaft, die ihren Mitgliedern durch Großeinkauf, ggf. auch durch eigene Fertigung, preisgünstige Konsumgüter beschafft.	Rochdale Society of Equitable Pioneers	Manchester, 1844	Link
29	Telegrafenamnt	Dienststelle zur elektronischen Übermittlung von Nachrichten (Telegrammen) in Form von Code und über kabelgebundene Telegrafeneleitungen	F.O.J. Smith	New York, 1846	Link
30	öffentliche Toilette mit Wasserspülung	eine sanitäre und infrastrukturgebundene Vorrichtung mit Wasserspülung zur Aufnahme von Körperausscheidungen	95 Fleet Street	London, 1852	Link
31	Baugenossenschaft	auf gemeinnütziger Grundlage betriebene, durch Staat und Gemeinde geförderte Genossenschaft, die für ihre Mitglieder [preisgünstige] Wohnbauten errichtet und instand hält	Häuserbau-Genossenschaft zu Hamburg	Hamburg, 1862	Link

2 Datenbank DB2 - Definition urbaner Schlüsselinnovationen

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
32	U-Bahn	Eine U-Bahn oder Metro ist ein in der Regel unterirdisches, schienengebundenes Verkehrsmittel für den städtischen öffentlichen Personennahverkehr.	Metropolitan Railway	London, 1863	Link
33	Verkehrssampel	Signalgeber einer Lichtsignalanlage (LSA) oder Lichtzeichenanlage (LZA) zur Steuerung des Straßen- und Schienenverkehrs	Houses of Parliament	London, 1868	Link
34	Müllverbrennung	Verbrennung der atmosphärisch brennbaren Anteile von Abfall zum Zwecke der Volumenreduzierung des Abfalls unter Nutzung der enthaltenen Energie und abschließender Deponierung	Manlove, Alliott Co. Ltd.	London, 1870	Link
35	Dampf-Tram	Straßenbahn, die mit Dampflokomotiven betrieben wird und deren Gleise entweder auf der Straße oder unmittelbar neben der Straße verlegt sind.	New York and Harlem Railroad	New York, 1871	Link
36	Elektrizitätswerk	Bezeichnung der Stromerzeugungsanlage selbst, des industriellen Standort oder des Gebäudes, das sich mit der Erzeugung, der Verteilung und der Abrechnung des Stromes befasst	Victoria Frigate	Barcelona, 1875	Link
37	Druckluft-Tram	Straßenbahn mit Triebwagen, die mit Druckluft betrieben wurden. Die Druckluft wurde in Druckbehältern mitgeführt und mit einer Kolbenmaschine für den Antrieb umgewandelt	Mekarski-System	Paris, 1876	Link
38	Vermittlungsstelle	ein Knoten innerhalb eines Nachrichtennetzes, der die wahlweise Herstellung von Nachrichtenverbindungen ermöglicht; ursprünglich als Bestandteil von Fernsprechämtern aufgebaut	Bell Telephone Company	Boston, 1877	Link
39	Fernwärme	Prinzip der Wärmelieferung zur Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Wärme für Warmwasser; Transport in wärmegeprägten Rohrsystem	Birdsill Holly	Lockport, 1877	Link
40	Telefonzelle	Häuschen mit einer Grundfläche von etwa einem Quadratmeter im öffentlichen Raum, an dessen innerer Rückwand ein öffentlich bedienbarer Telefonapparat angebracht ist.	Bell Telephone Company	New Haven, 1878	Link
41	öffentliche elektrische Lampen	Vorrichtung zur Straßenbeleuchtung im öffentlichen Raum, die elektrische Energie in Form von Bogenlampen oder Glühlampen verwendet	Jablochkoff electric candles	Paris, 1878	Link
42	Elektrische Tram (mit Abnehmer)	schienengebundenes, mit elektrischer Energie betriebenes öffentliches Personennahverkehrsmittel im Stadtverkehr, welches kontinuierlich Strom per Leitung bezieht	Werner von Siemens	Berlin-Lichterfelde, 1881	Link
43	Natron-Lokomotive	feuerlose Dampflokomotive mit einem für die Dampfgewinnung kaum verwendeten Prinzip auf Basis von Natronlauge (Patentnummer 24993)	Moritz Honigmann	Aachen, 1884	Link
44	Hochhaus (Stahlbeton)	vielgeschossige, vertikal orientierte Bauten, die häufig Wohn-, Büro- und Geschäftsfunktionen aufnehmen und mittels Stahlbauweisen besondere Eigenschaften aufwiesen	Home Insurance Building	Chicago, 1885	Link
45	Elektrische Tram (mit Akku)	elektrisch angetriebener Straßenbahn-Triebwagen, dessen Antriebsenergie aus im Fahrzeug mitgeführten Akkumulatoren stammt, die Elektromotoren antreiben.	-	Brüssel, 1887	Link
46	Hochhaus (Holz)	vielgeschossige, vertikal orientierte Bauten, die häufig Wohn-, Büro- und Geschäftsfunktionen aufnehmen und mittels Holzbauweisen besondere Eigenschaften aufwiesen	Ryōunkaku	Tokio, 1890	Link
47	Fahrradwege	Anlage für den fließenden Radverkehr, wie beispielsweise Radwege mit oder ohne Benutzungspflicht, Radfahrstreifen oder Schutzstreifen	Esplanaden	Kopenhagen, 1892	Link
48	Hochhaus (Holz)	vielgeschossige, vertikal orientierte Bauten, die häufig Wohn-, Büro- und Geschäftsfunktionen aufnehmen und mittels Holzbauweisen besondere Eigenschaften aufwiesen	Ryōunkaku	Tokio, 1890	Link

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
49	Fahrradwege	Anlage für den fließenden Radverkehr, wie beispielsweise Radwege mit oder ohne Benutzungspflicht, Radfahrstreifen oder Schutzstreifen	Esplanaden	Kopenhagen, 1892	Link
50	e-Taxi	von einem Berufsfahrer gelenktes Elektroauto, mit dem man sich (besonders innerhalb einer Stadt) befördern lassen kann	Bersey Taxi	London, 1897	Link
51	Parkhaus	mehrstöckiges Gebäude, in dem sich Stellplätze für Pkw oder Motorräder und seltener für Lkw oder Fahrräder befinden (ruhender Verkehr)	Denman Street	London, 1901	Link
52	öffentliche Benzin-Tankstelle	kommerzielle Anlage, an der Kraftfahrzeuge mit den Kraftstoffen Benzin und Diesel an Zapfsäulen versorgt werden	Standard Oil of California	Seattle, 1907	Link
53	ziviler Flughafen	Flugplatz samt Infrastruktur, auf dem normalerweise regelmäßig kommerzieller ziviler Flugverkehr stattfindet	Brühl	Freiburg, 1911	Link
54	Fußgängerzone	rechtlich definierte Verkehrsfläche, auf der Fußgänger Vorrang oder ausschließliches Nutzungsrecht gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern haben	Calle Florida	Buenos Aires, 1913	Link
55	elektrifiziertes Gebäude/ Quartier	Gebäude oder Siedlung, welches vollständig auf Strom als Energieträger bei Heizung, Kochen, Beleuchtung etc. basiert.	Römerstadt	Frankfurt, 1928	Link
56	Supermarkt Selbstbedienung	Lebensmitteleinzelhandels-Geschäft als Betriebsform, in dem Lebensmittel einschließlich Frischwaren in Selbstbedienung geführt werden	King Kullen	New York, 1930	Link
57	urbane Luftseilbahn	Seilbahn, deren Fahrbetriebsmittel ohne feste Führungen von einem oder mehreren Seilen getragen in der Luft hängend bewegt werden	Port Vell	Barcelona, 1931	Link
58	Schwundgeld	Konzept der Freiwirtschaft als umlaufgesichertes Geld, bei dem die Kosten der Geldhaltung gegenüber konventionellem Geld erhöht sind (=Verlust)	Michael Unterguggenberger	Wörgl, 1932	Link
59	Schnellzug-Anbindung	Zuggattung der Eisenbahn und mit Zügen, die aufgrund ihrer Bauweise und Geschwindigkeit nur an bestimmten Unterwegsbahnhöfen halten	DR 877	Hamburg, 1933	Link
60	Parkuhr	Säule mit mechanischer oder digitaler Uhr und Geldeinwurf zur Bewirtschaftung von öffentlichem Parkraum in einer Stadt	Magee-Hale Park-O-Meter	Oklahoma City, 1935	Link
61	Ende der elektr. Straßenbahn	Abschaffung von elektrischen Straßenbahnen (vgl. elektrische Tram mit Abnehmer) zugunsten von Bussen und PKWs in Städten	Île-de-France	Paris, 1938	Link
62	Bunker	schützende Bauwerke für zivile Nutzung, die die Insassen oder die Umgebung vor direkter Gefährdung bewahren.	Spielbudenplatz	Hamburg, 1940	Link
63	Carsharing (stationär)	organisierte (gebührenpflichtige) Nutzung eines Autos von mehreren Personen an definierten Stationen im öffentlichen Raum	Sefage (Selbstfahrergenosenschaft)	Zürich, 1948	Link
64	Fernsehturm (Stahlbeton)	Turm in schlanker Stahlbetonbauweise (vertikale Kragarmkonstruktion), von dem Hörfunk- oder Fernsehsignale ausgesendet werden	-	Stuttgart, 1955	Link
65	Fernkälte	Analog zur Fernwärme die Versorgung eines Verbrauchers mit Kälte über eine Fernrohrleitung und gekühltes Wasser	City Nord	Hamburg, 1968	Link
66	Bike-Sharing System	räumlich und zeitlich flexibles Fahrradverleihsystem, bei dem die Nutzung jederzeit möglich ist und Verleih- und Rückgabeort abweichen können	Witte Fiet-sen	Amsterdam, 1964	Link
67	Business Incubator	Einrichtung zur Unterstützung technologieorientierter, möglichst innovativer Neugründungen und Jungunternehmen	University City Science Center	Philadelphia, 1964	Link
68	BRT	öffentliches Personentransportsystem mit eigener Verkehrsstrasse, welches die Qualität des Schienenverkehrs mit der Flexibilität von Bussen kombiniert	-	Liege, 1964	Link

2 Datenbank DB2 - Definition urbaner Schlüsselinnovationen

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
69	Vakuumsam- melsystem	Entsorgungsansatz, bei dem Abfall über meist ge- bäudeintegrierte Einwurfschächte und Unterdruck pneumatisch zu einer Sammelstelle befördert wird	ENVAC	Stockholm, 1965	Link
70	Rückbau Gaso- meter	Einstellung von lokaler Stadtgaserzeugung und des- sen Infrastruktur (z.B. Gasometer) zugunsten von überregionaler Versorgung (Kohle, Erdgas)	Gaswerk Ost	Karlsruhe, 1965	Link
71	Internet	der Allgemeinheit offenstehendes, auf vielfältige Weise nutzbares weltweites Netz von miteinander verbundenen Computern (skalierbar)	ARPANET	San Francis- co, 1969	Link
72	Microhousing	eigens angefertigte (teilweise) 1-Zimmer- oder Kleinst- wohnungen in urbaner Lage aufgrund hoher Mieten und Nachfrage	Nagakin Capsule Tower	Tokio, 1972	Link
73	Hackerspace	physischer, häufig offener Raum, in dem sich Hacker sowie Interessierte treffen und austauschen können; meist mit IT und Werkzeugen ausgestattet.	MIT Elec- tronic Research Society	Boston, 1973	Link
74	City-Maut	Erhebung von Gebühren (Maut) für die Nutzung be- stimmter innerstädtischer Verkehrsinfrastruktur oder -flächen; teilweise zeitlich definiert	Singapo- re Area Licensing Scheme	Singapur, 1975	Link
75	Municipal Sheep	regelmäßiger bzw. geplanter Einsatz von Schafher- den zur natürlichen Bewirtschaftung innerstädtischer Grünflächen, z.B. in Parks, Flughäfen	-	Curitiba, 1979	-
76	fahrerlose U-Bahn	vollautomatisierte U-Bahn-Systeme, in denen kein Zug- führer zum Einsatz kommt, sondern eine Fernsteuerung über eine Leitstelle erfolgt	Républi- que to 4 Cantons	Lille, 1983	Link
77	Lastenrad im Lieferverkehr	Fahrrad oder einem Fahrrad gleichgestelltes Fahrzeug, das dem Transport von Lasten oder Personen dient (meist Ladefläche vorne als Dreirad)	Christiania Bikes	Kopenha- gen, 1984	Link
78	Shared Space	Planungskonzept, nach dem vom Kfz-Verkehr dominier- ter öffentlicher Straßenraum lebenswerter, sicherer sowie im Verkehrsfluss verbessert wird	Ortsdurch- fahrt (Mon- derman)	Oudekaste, 1985	Link
79	Bürgerhaushalt	direkte Art von (kommunaler) Bürgerbeteiligung, bei dem Zivilgesellschaft über Teile der frei verwendbaren Haushaltsmittel mitbestimmt und entscheidet	Orçamento participa- tivo	Porto Aleg- re, 1989	Link
80	Urban Farming	Oberbegriff für verschiedene Weisen der primären Lebensmittelproduktion in städtischen Ballungsgebieten für den Eigenbedarf der jeweiligen Region	-	Havanna, 1990	Link
81	Autofreies Stadtquartier	Wohnangebot, das sich an Haushalte ohne (eigenes) Au- to richtet oder Parkplätze nur am Rand oder außerhalb des Quartiers vorsieht	Vauban	Freiburg, 1995	Link
82	Urban Innovati- on Department	Team innerhalb einer Stadtverwaltung, welches für den mitarbeiterorientierten Wandel und Innovation im öffentlichen Dienst eintritt	PS21 Office	Singapur, 1995	Link
83	Co-Working Hub	Gemeinschaftsgebäude oder -nutzung, wo zumeist kreativ tätige Personen in einem Großraumbüro zeitlich begrenzt (zusammen)arbeiten	C-Base	Berlin, 1995	Link
84	E-Carsharing (stationär)	organisierte (gebührenpflichtige) Nutzung eines Elektro- autos von mehreren Personen an definierten Stationen (mit Ladepunkt) im öffentlichen Raum	Bay Area Station-Car	San Francis- co, 1995	Link
85	E-Payment Card	wiederaufladbare, berührungslose Chipkarte, die im elektronischen Zahlungsverkehr in Städten benutzt wird (z.B. im ÖPNV und weiteren Angeboten)	Octopus Card	Hong Kong, 1997	Link
86	Kostenloser Nahverkehr	generell kostenloser Nahverkehr ohne Fahrtgebühren für Nutzer, teilweise auf Einwohner oder bestimmte Nutzergruppen begrenzt	-	Hasselt, 1997	Link
87	Glasfasernetz (Breitband)	Zugang zum Internet mit vergleichsweise hoher Daten- übertragungsrate mittels Glasfaserleitungen	Singapore ONE	Singapur, 1998	Link

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
88	öffentliche Wasserstoff-Tankstelle	kommerzielle Anlage, an der Kraftfahrzeuge mit dem Kraftstoffen Wasserstoff an öffentlichen Zapfsäulen versorgt werden	Flughafen München	München, 1999	Link
89	Autonomer Bus-Shuttle (Regelverkehr)	elektrisch angetriebener, autonomer Linienverkehr mit Kleinbussen im öffentlichen Raum bzw. Verkehrsflächen	Connexion	Rotterdam, 1999	Link
90	3D-Stadtmodell	Beschreibung von Geometrie, Topologie, Erscheinung und Semantik virtueller dreidimensionaler Stadt- und Landschaftsmodelle in der Stadtplanung	-	Stuttgart, 1999	-
91	Kreativquartier (Innovation District)	Kreativquartiere sind urbane und dichte Innovationsräume, in denen unterschiedliche Akteure neue (technikgestützte) Innovationsökosysteme schaffen.	22@	Barcelona, 2000	Link
92	Paketstation	automatischer Paketautomat, an dem Kunden zum Teil rund um die Uhr bestimmte Sendungen abholen sowie selbst einliefern können	DHL	Dortmund, 2001	Link
93	Urbane Dachgärten	Anbausystem zur Anwendung auf innerstädtischen Dächern mittels hydroponischen und teilweise automatisierter Bewirtschaftung	Rooftop Garden Project	Montreal, 2002	Link
94	FabLab	öffentlich zugängliche Werkstätten mit digitalen Fertigungswerkzeugen wie 3D-Druckern und Lasercuttern	MIT	Boston, 2002	Link
95	Urban Production	Reintegration kleinteiliger oder großflächiger Produktionsstätten in innerstädtische Bereiche und mit resultierender Nutzungsmischung	Gläserne Manufaktur	Dresden, 2002	Link
96	temporary / civic Urbanism	Initiativen, die auf ungenutzten Flächen stattfinden und darauf abzielen, das örtliche Leben vorübergehend ggü langsamen Entwicklungen zu beleben	Seine-Ufer	Paris, 2002	Link
97	LED-Straßenleuchten	öffentliche Straßenbeleuchtung mit energieeffizienten LED-Lampen, die zusätzlich eine flexible Steuerung von Helligkeit oder Einsatzdauer erlauben	OSRAM	München, 2003	Link
98	Free WIFI	Internetzugang in öffentlichen Räumen oder Plätzen, in den man sich ohne Passwort einwählen kann und der für Nutzer kostenlos ist	Ben-Yehuda Street	Jerusalem, 2004	Link
99	Parklet (temporär)	Stadtmöbel oder sonstige Umnutzung auf einer Parkplatzfläche, das den Menschen mehr öffentlichen Raum zur Verfügung stellt	Rebar	San Francisco, 2005	Link
100	Startup Accelerator (kommerziell)	zeitlich begrenztes Förderprogramm, das Gründern die nötigen Mittel zur Verfügung stellt, damit diese ihre Ideen schnellstmöglich skalieren können	Y Combinator	San Francisco, 2005	Link
101	Smart City Initiative	gesamtheitliches Entwicklungskonzept einer Stadt mit dem Ziel effizienter, technologisch fortschrittlicher, ökologischer und sozial inklusiver zu werden	uCity	Seoul, 2006	Link
102	Bürger-App für Feedback	benutzerzentriertes und konfigurierbares Störungsmeldetool als Smartphone-App für Straßen, Autobahnen und Umweltprobleme in einer Stadt	Fixmystreet	London, 2007	Link
103	Glasfasernetz für Haushalte (1Gbits)	Zugang zum Internet mit sehr hohen Datenübertragungsraten (1Gbit/s) mittels Glasfaserleitungen	Adamo (FTTH)	Lund, 2007	Link
104	Carsharing (freefloating)	organisierte (gebührenpflichtige) Nutzung eines PKWs von mehreren Personen an beliebigen Standorten im öffentlichen Raum (Smartphone-basiert)	car2go	Ulm, 2008	Link
105	Innovationsagentur (Smart City Lab)	Laboransatz und Organisationsstruktur für ein Stadtgebiet als Experimentierfeld und damit Produkte und Dienstleistungen frühzeitig zu testen	Urban Lab	Barcelona, 2008	Link
106	Urban Maintenance Robotics	Einsatz von Robotik im öffentlichen Raum, hier mit dem Fokus auf Reinigung und Instandhaltung öffentlicher Räume oder Infrastrukturen	Dustbot	Peccioli, 2009	Link
107	Power-to-gas-Energiespeicher	energiewirtschaftliches Konzept, um mittels Wasserelektrolyse und elektrischem Strom ein Brenngas als Energiespeicher hergestellt wird	ZSW (250 kW)	Stuttgart, 2009	Link

2 Datenbank DB2 - Definition urbaner Schlüsselinnovationen

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
108	e-Lastenräder	Fahrrad oder einem Fahrrad gleichgestelltes Fahrzeug mit E-Antrieb, das dem Transport von Lasten oder Personen dient (meist Ladefläche vorne als Dreirad)	Fedex	Paris, 2009	Link
109	e-Logistik	Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen wie Kleintransporter oder Lieferwägen (3,5t) für eine emissionsfreie Lieferlogistik im Stadtverkehr	-	London, 2010	Link
110	QR-Windowshopping	Einsatz von QR-Codes zur zeitunabhängigen Bestellung von Produkten an Schaufenstern oder öffentlichen Räumen, U-Bahnstationen etc.	Tesco Home	Seoul, 2009	Link
111	LTE	Mobilfunk-Standard, mit dem mobile Daten in größerer Menge und höherer Geschwindigkeit für neue Anwendungen übertragen werden können	Telia Sonera	Stockholm / Oslo, 2009	Link
112	Supermarkt ohne Verpackung	Einzelhandelsgeschäft, in dem das gesamte Sortiment lose – frei von Verpackungen – angeboten wird, um Verpackungsmüll zu vermeiden.	Unpackaged	London, 2010	Link
113	öffentliche Ladeinfrastruktur	Bereitstellung einfacher abschließbarer Ladestationen im öffentlichen Raum für einen bestimmten Nutzerkreis von Elektrofahrzeugen	Park Charge	Bern, 1992	Link
114	Batteriewechselstation	Alternative zu Ladepunkten mit Akku-Tausch in speziellen, vollautomatisierten Wechsel-Stationen im Format einer Doppelgarage	Better Place	Tokio, 2009	Link
115	Open Data Portal	Offene Datenportale erleichtern den Zugang zu und die Wiederverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors und kommunaler Verwaltungen	Resolution No. 36735	Portland, 2009	Link
116	Temporäre Gestaltung öffentlicher Verkehrsflächen	Projektansatz zur Umgestaltung von Straßen mit dem Ziel Fußläufigkeit und Aufenthaltsqualität für nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmer zu verbessern	Greenlight for Midtown	New York, 2009	Link
117	Autonomes Fahrzeug im Stadtverkehr	Fahrt eines autonomen PKW auf einer vorgegebenen Strecke im alltäglichen Stadtverkehr mit Geschwindigkeiten bis 60km/h	Forschungsfahrzeug Leonie	Braunschweig, 2010	Link
118	Pavement-to-Parks (institutionalisiert)	Kommunales Programm zur organisierten Umnutzung von nicht benötigtem Straßenraum durch einfache und kostengünstige gestalterische Eingriffe	Pavement to Parks	San Francisco, 2010	Link
119	Mytaxi	Smartphone-App zur Taxi-Bestellung ohne Telefonanruf und auf Basis von individuellen Geodaten der Nutzer (location-based services)	Mytaxi	Hamburg, 2010	Link
120	UberCab	Dienstleistungsplattform für Beförderungsdienste mit eigenen (selbstständigen) Fahrern und Bewertungssystem	Uber	San Francisco, 2010	Link
121	Smart Parking	Software-Plattform mit sensorgestützter Parkraumerfassung, Smartphone-App und dynamischer Bepreisung	SFPark	San Francisco, 2009	Link
122	City Dashboard	Visualisierung von Daten für die Öffentlichkeit durch eine Landingpage, die vorausgewählte Datensätze grafisch und teilweise in Echtzeit darstellt	IBM Operations Center	Rio de Janeiro, 2010	Link
123	Moovel	offene multimodale Mobilitätsplattform als Smartphone-App, um für Stadtbewohner jede verfügbare Mobilitätsoption von A nach B bereit zu stellen	Moovel	Stuttgart, 2012	Link
124	e-Scooter-Sharing (Sitzroller)	räumlich und zeitlich flexibles Motorroller-Verleihsystem, bei dem die Nutzung jederzeit möglich ist und Verleih- und Rückgabeort abweichen können	Scoot Rides	San Francisco, 2012	Link
125	Nachtbürgermeister	kommunale Aufgabe einer Person, die sich auf kreative Weise um die Organisation des Nachtlebens und der (Klein-)Kulturszene einer Stadt kümmert	Mirik Milan	Amsterdam, 2012	Link
126	Drohnen im Stadtgebiet	Einsatz von unbemannten (Klein)Fluggeräten in städtischem Luftraum bis in Bodennähe (z.B. Performance, Überwachung, Fernwartung)	50 SPA-XELS	London, 2013	Link
127	Bitcoin-Automat	stationärer Geldautomat, der mittels Wallet-Anwendung einen Tausch von normalem Geld in Kryptowährung ermöglicht	Robocoin	Vancouver, 2012	Link

UI	Typ	Definition	Referenz-Innovation	Ort, Jahr	Quelle
128	public innovation center	gesellschaftliches Innovationszentrum, welches eine offene öffentliche Lounge, Besprechungs-, Veranstaltungs- und Vorführräume bietet	Seaport District Hall	Boston, 2013	Link
129	On-Demand Minibus (IT-based)	System mit bedarfsgesteuerten Kleinbussen, mit beliebigem Start- und Endpunkt und Wahl zwischen geteilter oder privater Fahrt	Kutsuplus	Helsinki, 2013	Link
130	Indoor vertical farm	semiautarkes Indoor-Ökosystem mit automatischer Bewässerung und gesteuerter LED-Beleuchtung zur Lebensmittelerzeugung	Pasona (Bürogebäude)	Tokio, 2013	Link
131	Multifunktions-Verkehrsfläche (z.B. Solar)	Funktionale Erweiterung vorhandener Verkehrsflächen (z.B. Radwege oder Straßen) durch neue Oberflächen oder Beschichtungen	Christ's Pieces park	Cambridge, 2013	Link
132	Gesetz 'Recht auf Mobilität'	ganzheitlicher Ansatz zur Veränderung urbaner Mobilität auf Grundsätzen von Resilienz, integrativer Governance und Fokus auf Fußgänger	-	Mexico City, 2014	Link
133	Testfeld für autonomes Fahren	städtisch definiertes Stadtquartier als rechtlich gültiges Testfeld für autonome Fahrzeuge im Alltagsverkehr	One-North	Singapur, 2015	Link
134	Zero-Emission-Zone	städtisch definiertes Gebiet, in dem nur emissionsfreie Fahrzeuge (ZEVs), Fußgänger und Radfahrer ungehinderten Zugang haben	Cortes and Embajadores	Madrid, 2015	Link
135	e-Kickboard-Sharing	räumlich und zeitlich flexibles E-Tretroller-Verleihsystem, bei dem die Nutzung jederzeit möglich ist und Verleih- und Rückgabeort abweichen können	Bird	Santa Monica, 2017	Link
...	...	<i>to be continued (end of data)</i>	...	...	...

3 Datenbank DB3 - Liste ergänzender Fallstudien

ID	Projekt	Ort	Zeit	Typ
1	Römerstadt	Frankfurt, USA	1928	elektrifiziertes Quartier
2	Schwundgeld	Wörgl, AU	1929	Lokalwährung
3	Urban Playgrounds	Amsterdam, NL	1947	Spielplatz-Initiative
4	Houseboat Community	Sausalito, USA	1948	unregulierter Städtebau
5	Auroville	Viluppuram, IN	1968	experimentelle Siedlung
6	Arcosanti	Arizona, USA	1970	experimentelle Siedlung
7	Mincome Project	Dauphin, CAN	1974	Sozialexperiment
8	Enterprise Zones	London, UK	1981	ökonomische Zonierung
9	Kowloon Walled City	HongKong, CN	1983	informelle Siedlung
10	Fristaden Christiania	Kopenhagen, DK	1989	informelle Siedlung
11	Baulandpolitische Grundsätze	Freiburg	1995	städtebauliche Verträge
12	Masdar City	Abu Dhabi, VAE	2006	Zero-Emission Stadt
13	Battery Park	New York City, USA	2006	leistungsorientierte Baunorm
14	Carson City	Värgårda, SWE	2009	Stadtattrappe als Testfeld
15	De Hogeweyk	Weesp, NL	2009	Siedlung für Demenzzranke
16	KACARE	Jeddah, KSA	2009	Zero-Emission Stadt
17	Parklet	Philadelphia, USA	2011	Umnutzung Parkraum
18	The Porch Swing	Philadelphia, USA	2011	Interaktion im Raum
19	Collectif Place	St. Etienne, FR	2011	partizipative Platzgestaltung
20	People Spots	Chicago, USA	2012	Umnutzung Parkraum
21	Green Amendment Plan	New York City, USA	2012	Anreizsystem für Dachgewächshäuser
22	adAPT	New York City, USA	2013	modulares Gebäudesystem
23	D.O.L.L.	Albertslund, DK	2013	Testfeld Straßenbeleuchtung
24	Bitcoinkiez	Berlin	2014	Bitcoin als lokale Währung
25	Vibrant communities	Medellin, CO	2014	positive Entwicklung
26	Startup Hubs	St. Louis, USA	2014	starke Startup-Entwicklung
27	Essohäuser	Hamburg	2014	gescheiterte Beteiligung
28	Solarbox	London, UK	2014	solarbetriebene Ladestation
29	Wifi Kiosks	New York City, USA	2014	öffentliche Internet-Stelen
30	Quartyard	San Diego, USA	2014	soziale Raumnutzung
31	OnlineCity	Wuppertal	2014	regionale Handelsplattform
32	Europaviertel	Stuttgart	2014	Mobilitätskonzept
33	Crowd-funded waterslide	Bristol, UK	2015	partizipative Finanzierung
34	LUTZ Pathfinder	Milton Keynes, UK	2015	Autonomer Shuttle
35	Blumenbeet	Hamburg	2015	informelle Begrünung
36	Living Innovation Zones	San Francisco, USA	2015	Kommunikation im Raum
37	Chandelier	Vancouver, CAN	2015	Design-Innovation
38	Neckarbogen	Heilbronn	2015	Modellsiedlung BUGA'19
39	CITE	New Mexico, USA	2016	Testfeld für Technologien
40	Navya Shuttle	Sitten, CH	2016	Autonomer Shuttle
41	WePod	Wageningen, NL	2016	Autonomer Shuttle
42	Black Rock City	Nevada, USA	2018	temporäre Stadt
43	Highrise Water Codes	Tokio, JAP	2018	Anreizsystem für dezentrale Wasserinfrastruktur
44	Abandoned Mall	Detroit, USA	2021	Umnutzung eines leerstehenden Einkaufszentrums

4 Checklisten zu UI-Kriterien (notwendige Bedingungen)

Fallüberprüfung 1: U-Bahn (UI-32)

#	Kriterium	Begründung	Kriterium erfüllt
A	Bedarfsdeckung	Die U-Bahn reagierte auf damalige Verkehrsprobleme von hohem Stadtwachstum, verband unterschiedliche Kopfbahnhöfe im Stadtgebiet und ermöglichte eine neue Form der Mobilität zur Verbindung von Wohn- und Arbeitsorten. Am ersten Betriebstag fuhren 40.000 Passagiere mit der ersten Linie, im Jahr 1880 bereits 40 Millionen Fahrgäste pro Jahr.	ja
B	Neuerung	Zwar bestanden zur damaligen Zeit bereits Basistechnologien (als technische Voraussetzungen) wie der Tunnelbau per Schildvortrieb (Patent: Brunel), die Dampflokomotive als Operationalisierung der Dampfmaschine im Verkehrswesen (Patent: Stephenson) und die Herstellung von Eisenschienen im Walzverfahren (Patent: Birkinshaw). Allerdings gab es damals keine Stadt auf der Welt, die aus der Kombination dieser Technologien ein Massentransportmittel einsetzte.	ja
C	Diffusion	Fast dreißig Jahre lang war die Londoner U-Bahn das einzige unterirdische Massentransportmittel der Welt, keine andere Stadt konnte ähnliches vorweisen. Erst 1893 entstanden mit der Adaption in Liverpool, 1896 in Budapest und Glasgow sowie 1898 in Wien vergleichbare Anwendungen. Heutzutage gibt es >200 aktive U-Bahnssysteme [Rohde, 2017], die sich zwar technisch weiterentwickelt haben, aber in ihrem grundlegenden Funktionsprinzip auf der ersten Metropolitan Railway in London aufbauen. Damit lässt sich also eine klare Diffusion der Innovation bis heute nachweisen.	ja
D	Urbane Relevanz	In ihrer Anwendung und Etablierung veränderte die U-Bahn die Funktionsweise der umgebenden Stadt: Effekte waren das Ersetzen langer Fußwege oder teure Kutschenfahrten, Bündelung von unterirdischem Personen- und Warentransport, Verbindung von Verkehrsknotenpunkten (Intermodalität), Begünstigung der Trennung von Wohn- und Arbeitsstätten, Begünstigung der Suburbanisierung der Gesamtstadt und die Gewährleistung von Mobilitätsangeboten während dem anhaltenden Stadtwachstum der damaligen Zeit. Damit sind gleich mehrere Parameter des Kriteriums, nämlich ‚Raum‘, ‚Funktion‘ und ‚Organisation‘, erfüllt.	ja

Fallüberprüfung 2: Nachtbürgermeister (UI-125)

#	Kriterium	Begründung	Kriterium erfüllt
A	Bedarfsdeckung	Für die Stadt Amsterdam bestand um 2003 eine schwierige Situation bei der Interessensvermittlung zur Nachtwirtschaft und mehrere Protestaktionen folgten. Auch die globale Relevanz der Nachtwirtschaft für eine attraktive Stadt ist seit der Jahrtausendwende gestiegen. Eine informelle Position wurde damals geschaffen, 2012 folgte nach anhaltendem Bedarf die Institutionalisierung und Professionalisierung mit gewählten Vertretern und einem 'Nachtrat'. Mehrere andere Städte in ähnlicher Position folgten dem Beispiel von Amsterdam.	ja
B	Neuerung	Zwar gab es bereits in den 1970ern in Rotterdam eine bekannte Persönlichkeit des Nachtlebens mit dem Spitznamen 'Nachtbürgermeister', allerdings ohne Relevanz für die dortige Stadtverwaltung. Als echte Neuerung kann die formelle Institutionalisierung der Funktion 2014 durch den damaligen Nachtbürgermeister Mirik Milan mit eigener Stiftung (N8BM A'DAM) und Gremium (Nachtrat) gesehen werden. Diese Prinzipien wurden auch von vielen anderen Städten im Nachgang übernommen bzw. adaptiert.	ja
C	Diffusion	Durch die Institutionalisierung der Funktion wurde der bisherige Erfolg des Ansatzes nochmal bestätigt und damit auch für andere Kommunen besser nachzuvollziehen. Kurz nach Wahl von Mirik Milan 2012 und dessen Wirken übernahmen andere Städte wie Paris (2013), Zürich (2015), London (2016) und viele andere die Innovation in ähnlicher Funktion. Dabei ist davon auszugehen, dass sich die Diffusion aufgrund der zunehmenden Relevanz der Nachtwirtschaft in ähnlichen Städten weiter fortsetzt.	ja
D	Urbane Relevanz	Die organisatorische Innovation 'Nachtbürgermeister' hat in ihrer Umsetzung mehrfach direkten Einfluss auf Stadtentwicklung vor Ort: Auf der einen Seite entsteht mit der Umsetzung eine neue Funktion als Ansprechpartner für die Öffentlichkeit, auf der anderen Seite werden dadurch auch neue und vor allem stabile Organisationsabläufe zwischen Stadtverwaltung und lokaler Nachtwirtschaft möglich, was zuvor nur bedingt funktionierte. Zudem wird indirekt auch Einfluss genommen auf stadträumliche Angebote und Strukturen, z.B. in Amsterdam auf der Ausgehmeile 'Rembrandtplein'.	ja

5 Tabelle N - Rohdaten für ϕ von Städten

ID	Land	Stadt	Nr. 1 (40%)	Nr. 2 (20%)	Nr. 3 (12%)	Nr. 4-5 (7%)	Nr. 6-10 (5%)	Nr. 10 (0%)
1	Deutschland	Berlin	6	18	10	32	29	5
2	UK	London	24	14	13	23	17	6
3	Deutschland	Hamburg	7	5	15	25	32	5
4	USA	New York	6	20	14	17	23	4
5	Deutschland	München	4	5	4	19	38	10
6	Deutschland	Stuttgart	5	7	3	17	27	13
7	Österreich	Wien	0	9	15	16	27	5
8	Frankreich	Paris	8	15	11	11	16	5
9	Schweiz	Zürich	2	4	9	13	17	14
10	Deutschland	Frankfurt	1	7	6	7	23	11
11	Dänemark	Kopenhagen	2	2	6	10	20	8
12	Deutschland	Karlsruhe	1	0	8	8	17	14
13	Deutschland	Hannover	1	6	3	6	18	8
14	Deutschland	Köln	2	4	5	7	17	12
15	USA	Boston	4	4	6	12	9	6
16	Spanien	Barcelona	4	6	4	9	8	6
17	USA	Chicago	1	5	4	11	7	3
18	Singapur	Singapur	4	2	2	5	9	6
19	Schweden	Stockholm	2	1	6	5	4	7
20	USA	San Francisco	11	1	5	3	7	4
21	Japan	Tokio	6	1	2	5	3	8
22	Deutschland	Freiburg	4	0	2	1	5	6
23	Niederlande	Amsterdam	3	2	5	6	6	6
24	Finnland	Helsinki	2	1	2	4	2	9
25	Deutschland	Dresden	2	0	2	1	8	2
26	UK	Manchester	3	2	4	2	5	2
27	Kanada	Vancouver	1	1	0	6	5	4
28	USA	Seattle	1	3	0	5	2	2
29	Portugal	Lissabon	0	1	1	1	4	5
30	South Korea	Seoul	2	0	2	1	4	4
31	Türkei	Istanbul	0	0	0	2	1	7
32	Deutschland	Kassel	0	2	0	2	1	4
33	Deutschland	Aachen	1	0	1	1	4	2
34	Spanien	Madrid	1	1	0	1	3	5
35	Italien	Mailand	0	2	0	2	3	5
36	Ungarn	Budapest	0	0	1	2	3	2
37	USA	Philadelphia	3	3	2	1	0	0
38	China	Hongkong	1	2	0	1	0	4
39	Belgien	Brüssel	1	0	0	3	2	3
40	Deutschland	Darmstadt	0	0	1	0	1	4
41	USA	Washington	0	1	4	0	1	4
42	Schweden	Göteborg	0	0	0	1	0	4
43	Schweiz	Bern	0	0	0	1	0	4
44	Brasilien	Rio de Janeiro	1	1	0	0	1	4
45	Mexico	Mexico City	1	0	0	2	1	4

5 Tabelle N - Rohdaten für ϕ von Städten

ID	Land	Stadt	Nr. 1 (40%)	Nr. 2 (20%)	Nr. 3 (12%)	Nr. 4-5 (7%)	Nr. 6-10 (5%)	Nr. 10 (0%)
46	USA	Detroit	1	0	3	1	2	1
47	USA	Los Angeles	0	2	1	0	2	1
48	USA	Portland	1	1	0	1	3	0
49	Frankreich	La Rochelle	0	1	2	0	1	0
50	Frankreich	Lyon	1	0	1	2	1	2
51	Luxemburg	Luxemburg	0	0	0	1	0	5
52	Niederlande	Rotterdam	1	1	0	1	1	0
53	Rumänien	Bukarest	0	0	1	0	1	3
54	Schweiz	Genf	0	0	0	0	2	1
55	Argentinien	Buenos Aires	1	0	0	0	1	2
56	Kuba	Havanna	1	0	0	1	0	1
57	Kanada	Montreal	1	0	0	0	1	2
58	USA	Minneapolis	0	0	1	1	0	1
59	USA	San Diego	0	1	0	2	1	0
60	USA	Austin	0	1	0	1	1	0
61	Algerien	Algier	0	1	0	0	0	2
62	Deutschland	Dortmund	1	0	0	1	0	0
63	Deutschland	Düsseldorf	0	1	2	1	1	0
64	Deutschland	Bremen	0	0	0	2	0	0
65	Deutschland	Duisburg	0	0	0	0	1	1
66	Estland	Tallinn	0	1	1	0	0	3
67	Frankreich	Nantes	0	1	0	0	0	1
68	Israel	TelAviv	0	1	0	0	0	1
69	Schweden	Lund	1	0	0	0	0	1
70	UK	Edinburgh	0	0	0	1	1	0
71	UK	Milton Keynes	1	0	0	3	0	0
72	Brasilien	Curitiba	1	1	0	0	0	0
73	Brasilien	Porto Alegre	1	0	0	1	0	0
74	USA	New Haven	1	1	0	0	0	0
75	USA	Albuquerque	0	1	0	0	1	0
76	USA	Cleveland	0	0	2	0	0	0
77	Belgien	Liege	1	0	0	0	0	0
78	Deutschland	Nürnberg	0	0	2	0	1	0
79	Israel	Jerusalem	1	0	0	0	0	0
80	Italien	Rom	0	0	0	0	2	1
81	Portugal	Porto	0	0	0	0	1	0
82	Rumänien	Timisoara	0	0	0	1	0	2
83	Schweiz	Basel	0	0	0	2	0	0
84	Tschechien	Prag	0	0	0	0	3	0
85	UK	Godalming	0	0	1	0	0	0
86	UK	Peterborough	0	0	0	0	1	0
87	Kolumbien	Medellin	0	1	0	2	1	0
88	USA	Memphis	1	0	0	0	1	0
89	USA	Lockport	1	0	0	0	0	0
90	USA	Phoenix	0	0	1	0	0	0

Anhang

ID	Land	Stadt	Nr. 1 (40%)	Nr. 2 (20%)	Nr. 3 (12%)	Nr. 4-5 (7%)	Nr. 6-10 (5%)	Nr. 10 (0%)
91	USA	Oklahoma City	1	0	0	0	0	0
92	USA	Richmond	0	0	0	1	0	0
93	Indonesien	Jakarta	0	0	0	0	1	1
94	Belgien	Antwerpen	0	0	0	0	1	0
95	Belgien	Hasselt	1	0	0	0	0	0
96	Deutschland	Braunschweig	1	0	0	0	0	0
97	UK	Portsmouth	0	0	0	1	0	0
98	Spanien	Santander	0	0	1	0	0	0
99	China	Peking	0	1	0	0	0	1
100	Brasilien	Sao Paulo	0	0	0	0	1	2
101	Ecuador	Quito	0	1	0	0	1	0
102	Kolumbien	Bogota	0	0	0	0	1	0
103	Venezuela	Caracas	0	0	0	0	1	1
104	Deutschland	Pforzheim	0	0	0	0	2	0
105	Niederlande	Wageningen	0	0	0	1	0	0
106	Schweiz	Lausanne	0	0	1	0	1	0
107	Schweiz	Sion	0	0	0	1	0	0
108	Italien	Peccioli	1	0	0	0	0	0
109	Niederlande	Krommenie	0	1	0	0	0	0
110	Niederlande	Eindhoven	0	1	0	1	0	1
111	Österreich	Wörgl	1	0	0	0	0	0
112	UK	Cambridge	1	0	0	0	0	0
113	Deutschland	Ulm	1	0	3	0	1	1
114	UK	Sittingbourne	0	0	0	1	0	0
115	Frankreich	Lille	1	0	0	0	0	1
116	Deutschland	Bad Hersfeld	0	1	0	2	2	0
117	UK	Liverpool	1	2	1	0	0	0
118	Norway	Oslo	0	0	1	1	0	2

6 Tabelle O - aggregierte UI-Leistung ϕ von Städten

ID	Land	Stadt	ϕ (gesamt)	Größe (Mio. EW)	seit 2000	2000-1900	1900-1800	1800-1700	vor 1700
1	England	London	12,16	8,4	10,7	7,0	17,7	19,8	17,1
2	Deutschland	Berlin	8,08	3,4	7,8	7,5	10,1	8,8	4,3
3	USA	New York	7,71	8,3	7,5	4,3	12,8	4,8	3,6
4	Frankreich	Paris	6,73	2,3	4,2	5,4	8,3	2,0	20,2
5	Deutschland	Hamburg	6,63	1,8	5,0	8,0	7,5	4,4	6,5
6	Deutschland	München	4,69	1,4	5,6	5,1	3,9	4,4	2,2
7	Deutschland	Stuttgart	4,68	0,6	5,2	4,6	3,4	2,0	3,9
8	Österreich	Wien	4,49	1,8	3,4	3,2	4,8	7,0	11,1
9	USA	San Francisco	4,26	0,8	8,3	3,3	0,9	0,0	0,0
10	Schweiz	Zürich	3,29	0,5	2,9	4,2	2,2	5,3	2,5
11	USA	Boston	3,27	0,6	4,5	2,3	3,6	1,0	1,3
12	Spanien	Barcelona	3,20	1,6	5,6	2,0	2,0	1,0	0,6
13	Deutschland	Frankfurt	3,08	0,7	2,8	3,5	2,6	4,4	2,7
14	Dänemark	Kopenhagen	2,68	0,6	1,4	2,7	4,0	2,0	4,3
15	Deutschland	Köln	2,62	1,0	3,1	3,9	0,9	1,0	0,6
16	Japan	Tokio	2,48	13,1	2,4	2,2	1,8	0,0	8,9
17	Deutschland	Hannover	2,43	0,5	1,8	1,5	2,5	11,4	4,6
18	Singapur	Singapur	2,25	5,5	3,0	4,1	0,1	0,0	0,8
19	USA	Chicago	2,23	2,7	3,1	0,9	3,5	0,0	0,0
20	Niederlande	Amsterdam	2,16	0,6	3,3	2,7	0,7	0,0	1,3
21	Deutschland	Karlsruhe	2,05	0,3	2,3	2,8	1,4	1,4	1,1
22	England	Manchester	1,82	0,6	0,9	0,5	3,4	8,0	2,7
23	Schweden	Stockholm	1,68	0,9	2,5	2,1	0,7	1,4	0,0
24	Deutschland	Freiburg	1,60	0,3	2,3	2,8	0,1	0,0	0,0
25	USA	Philadelphia	1,56	1,5	1,0	1,0	0,8	16,0	2,2
26	Finnland	Helsinki	1,20	0,5	2,5	1,1	0,1	0,0	0,0
27	Deutschland	Dresden	1,12	0,5	1,2	0,2	1,2	1,0	5,0
28	USA	Seattle	1,08	0,6	1,1	2,2	0,3	0,0	0,0
29	South Korea	Seoul	0,97	9,7	2,5	0,3	0,3	0,0	0,0
30	Kanada	Vancouver	0,95	0,6	1,5	0,8	0,8	0,0	0,0
31	USA	Detroit	0,68	0,7	1,0	0,6	0,7	0,0	0,0
32	England	Liverpool	0,68	0,6	0,0	0,0	2,2	0,0	1,3
33	China	Hongkong	0,65	7,1	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
34	Spanien	Madrid	0,61	3,2	1,2	0,1	0,1	0,0	0,0
35	USA	Portland	0,61	0,6	1,0	0,8	0,1	0,0	0,0
36	Deutschland	Aachen	0,58	0,2	0,3	0,0	1,5	2,4	0,0
37	Niederlande	Rotterdam	0,53	0,6	0,2	1,7	0,0	0,0	0,0
38	USA	Washington	0,53	0,7	0,5	0,6	0,1	0,0	0,0
39	Belgien	Brüssel	0,53	1,2	0,2	0,0	1,6	0,0	0,6
40	Frankreich	Lyon	0,53	0,5	0,3	0,2	1,4	0,0	0,0
41	Italien	Mailand	0,51	1,3	0,6	0,5	0,1	0,0	2,2
42	Deutschland	Ulm	0,51	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
43	Brasilien	Rio de Janeiro	0,48	6,5	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0
44	USA	Los Angeles	0,46	3,8	0,7	0,6	0,1	0,0	0,0
45	England	Milton Keynes	0,46	0,3	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0

Anhang

ID	Land	Stadt	ϕ (gesamt)	Größe (Mio. EW)	seit 2000	2000-1900	1900-1800	1800-1700	vor 1700
46	Brasilien	Curitiba	0,44	1,8	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
47	USA	New Haven	0,44	0,1	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
48	Deutschland	Kassel	0,44	0,2	0,0	0,7	0,2	5,0	0,0
49	Mexico	Mexico City	0,44	8,8	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0
50	Portugal	Lissabon	0,44	0,6	1,1	0,1	0,1	0,0	0,0
51	Deutschland	Düsseldorf	0,41	0,6	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0
52	Frankreich	La Rochelle	0,36	0,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
53	Kuba	Havanna	0,35	2,1	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0
54	Deutschland	Dortmund	0,35	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	Brasilien	Porto Alegre	0,35	1,4	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
56	Argentinien	Buenos Aires	0,33	2,9	0,0	1,0	0,1	0,0	0,0
57	Kanada	Montreal	0,33	1,7	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0
58	USA	Memphis	0,33	0,7	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0
59	Deutschland	Bad Hersfeld	0,33	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	Ungarn	Budapest	0,30	1,7	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0
61	Schweden	Lund	0,30	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
62	Belgien	Liege	0,30	0,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
63	Israel	Jerusalem	0,30	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
64	USA	Lockport	0,30	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
65	USA	Oklahoma City	0,30	0,6	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
66	Belgien	Hasselt	0,30	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
67	Deutschland	Braunschweig	0,30	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
68	Italien	Peccioli	0,30	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
69	Österreich	Wörgl	0,30	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
70	England	Cambridge	0,30	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
71	Frankreich	Lille	0,30	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
72	USA	SanDiego	0,29	1,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
73	Kolumbien	Medellin	0,29	2,4	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0
74	USA	Austin	0,24	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
75	Estland	Tallinn	0,24	0,4	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0
76	Deutschland	Nürnberg	0,21	0,5	0,0	0,1	0,3	0,0	1,3
77	Niederlande	Eindhoven	0,20	0,2	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0
78	USA	Albuquerque	0,19	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
79	Ecuador	Quito	0,19	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
80	USA	Cleveland	0,17	0,4	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
81	Algerien	Algier	0,15	2,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
82	Frankreich	Nantes	0,15	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
83	Israel	Tel Aviv	0,15	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
84	China	Peking	0,15	21,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
85	Niederlande	Krommenie	0,15	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
86	Türkei	Istanbul	0,14	14,2	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0
87	USA	Minneapolis	0,14	0,4	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
88	Norway	Oslo	0,14	0,6	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0
89	Deutschland	Darmstadt	0,12	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0
90	Rumänien	Bukarest	0,12	1,9	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0

6 Tabelle O - aggregierte UI-Leistung ϕ von Städten

ID	Land	Stadt	ϕ (gesamt)	Größe (Mio. EW)	seit 2000	2000-1900	1900-1800	1800-1700	vor 1700
91	Schweiz	Lausanne	0,12	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
92	Tschechien	Prag	0,11	1,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
93	Deutschland	Bremen	0,11	0,6	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0
94	Schweiz	Basel	0,11	0,8	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
95	England	Edinburgh	0,09	0,5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
96	England	Godalming	0,09	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
97	USA	Phoenix	0,09	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
98	Spanien	Santander	0,09	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
99	Schweiz	Genf	0,07	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
100	Italien	Rom	0,07	2,9	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
101	Deutschland	Pforzheim	0,07	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
102	Schweden	Göteborg	0,05	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
103	Schweiz	Bern	0,05	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
104	Luxemburg	Luxemburg	0,05	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
105	Rumänien	Timisoara	0,05	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
106	USA	Richmond	0,05	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
107	England	Portsmouth	0,05	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
108	Niederlande	Wageningen	0,05	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
109	Schweiz	Sion	0,05	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
110	England	Sittingbourne	0,05	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
111	Deutschland	Duisburg	0,04	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
112	Portugal	Porto	0,04	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
113	England	Peterborough	0,04	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
114	Indonesien	Jakarta	0,04	10,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
115	Belgien	Antwerpen	0,04	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
116	Brasilien	Sao Paulo	0,04	11,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
117	Kolumbien	Bogota	0,04	7,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
118	Venezuela	Caracas	0,04	5,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

7 Tabelle P - Kontextvariablen für TOP30-Städte (seit 2000)

#	Stadt	k ₁ EW in Mio.	k ₂ EW/km ² (2020)	k ₃ Wachs- tum in % (2000- 2020)	k ₄ Ø- Straßen- länge in m	k ₅ GDP/ EW in US\$	k ₆ Start- ups/ EW (je 100k)	k ₇ CO ₂ - Emission in t/ (EW*a)	k ₈ Ø-Alter (2020) in Jah- ren
1	London	8,89	6.865	26,6%	70,3	51.978	0,2	15,5	35,8
2	San Francisco	0,87	7.193	9,4%	94,4	58.783	2,4	10,1	38,2
3	Berlin	3,68	4.127	9,1%	113,1	33.311	0,1	4,9	42,7
4	New York	8,47	10.883	8,6%	82,2	63.238	0,3	7,9	36,9
5	Barcelona	1,66	16.791	9,4%	78,1	36.280	0,1	4,2	42,7
6	München	1,49	4.789	18,2%	96	54.526	0,1	7,1	41,6
7	Stuttgart	0,62	2.990	-1,2%	-	45.480	0,0	16,0	42,3
8	Hamburg	1,85	2.455	5,7%	-	48.710	0,1	9,7	42,1
9	Boston	0,65	5.215	14,0%	77	60.074	0,6	6,2	32,4
10	Paris	2,30	21.822	5,6%	71	55.381	0,2	2,3	40,1
11	Wien	1,93	4.654	18,7%	94,7	47.841	0,0	5,5	41
12	Amsterdam	0,90	4.796	19,4%	65,8	47.705	0,2	5,0	38,2
13	Chicago	2,70	4.576	-5,3%	105,3	54.953	0,2	12,0	34,8
14	Köln	1,07	2.648	12,2%	-	40.256	0,0	8,0	41,6
15	Singapur	5,47	7.615	41,2%	64,7	62.523	0,0	7,9	42,2
16	Zürich	0,42	4.807	19,6%	-	50.636	0,1	5,0	43
17	Frankfurt	0,66	2.658	6,7%	-	94.190	0,0	13,7	40,9
18	Stockholm	0,98	5.214	30,0%	82	53.941	0,2	3,6	39
19	Helsinki	0,65	1.977	19,1%	42	28.816	0,0	4,3	40,9
20	Seoul	9,70	16.020	-3,1%	53,5	38.060	0,0	4,6	43,7
21	Tokio	13,10	5.988	10,7%	49,6	41.446	0,0	4,9	48
22	Karlsruhe	0,30	1.730	3,7%	-	43.417	0,1	9,9	42,1
23	Freiburg	0,30	1.960	12,7%	-	87.245	0,0	8,0	40,4
24	Hannover	0,50	2.449	0,4%	-	43.138	0,0	11,4	42,6
25	Vancouver	0,69	6.026	31,8%	103,7	44.337	0,4	3,5	39,6
26	Ulm	0,12	1.011	7,7%	-	77.208	-	9,3	41,5
27	Kopenhagen	0,60	6.961	27,5%	78	39.291	0,2	2,1	35,8
28	Rio de Janeiro	6,50	5.499	19,5%	74	8.650	0,0	3,1	34
29	Mexico City	8,80	5.926	17,8%	69,9	19.940	0,0	2,7	35
30	Milton Keynes	0,25	2.809	21,8%	-	-	0,7	3,7	39,1
	Quellen	urbi- stat, 2021	urbistat, 2021	urbistat, 2021	Boeing, 2019	Bouchet, 2018	Seed- table, 2020	CDP, 2022	urbistat, 2021

8 Tabelle Q - Diffusionsmetriken für UI

ID	urbane Innovation (UI)	MIN (Jahr)	MAX (Jahr)	Differenz	Count	D ₁₋₂	D ₁₋₅	D ₁₋₈	D ₁₋₁₀
1	Technische Hochschule	1200	1912	712	15	165	554	626	631
2	Turmuh	1288	1884	596	12	47	78	97	127
3	Festungsanlage (mit Geschützen)	1546	1886	340	13	19	86	96	112
4	öffentliche Badeeinrichtung (Bauwerk)	1591	1928	337	20	213	256	264	268
5	Stadtpark (öffentlich)	1637	1873	236	14	13	126	148	163
6	Pferdeomnibus ÖPNV	1662	1891	229	18	153	164	176	177
7	öffentliche Öllampen	1662	1778	116	11	5	17	35	67
8	Polizei (zentral geführt)	1667	1874	207	16	84	152	171	178
9	Feuerwehr (städtisch)	1657	1926	269	14	29	194	215	217
10	städtische Mülltrennung	1757	1895	138	10	82	110	129	138
11	Schleifung Stadtmauer	1767	1919	152	16	1	35	42	66
12	Hotel	1774	1914	140	14	1	64	81	99
13	Mechanische Fabrik (Coal-powered)	1781	1845	64	16	5	25	33	47
14	Wasserwerk	1798	1898	100	14	40	65	75	77
15	Neues geometrisches Stadtraster	1805	1862	57	8	6	45	57	
16	öffentliche Gaslampen	1808	1862	54	17	7	17	20	33
17	Gaswerk	1810	1856	46	20	6	12	16	18
18	Öffentlicher Spielplatz	1811	1948	137	11	48	76	92	136
19	Innenstadttunnel	1825	2008	183	13	19	69	79	150
20	Kläranlage	1829	1951	122	14	55	74	79	86
21	Bahnhof	1830	1869	39	31	0	6	8	9
22	Pferde-Tram	1832	1891	59	40	8	27	31	33
23	Schrebergärten	1832	1915	83	11	59	75	83	
24	Gussasphalt	1829	1914	85	10	6	9	82	
25	Hochbahn	1838	1994	156	13	21	54	74	
26	Kabel-Tram	1840	1929	89	14	9	30	33	42
27	Kanalisation (gemauert)	1843	1885	42	18	2	12	16	22
28	Konsumgenossenschaft	1844	1899	55	4	20			
29	Telegrafenamnt	1846	1869	23	9	3	9	22	
30	öffentliche Toilette mit Wasserspülung	1852	1900	48	10	6	31		
31	Baugenossenschaft	1862	1897	35	4	14			
32	U-Bahn	1863	2015	152	52	23	34	39	49
33	Verkehrsampel	1868	1971	103	18	30	52	56	59
34	Müllverbrennung	1870	1965	95	11	15	28	47	93
35	Dampf-Tram	1871	1915	44	21	2	6	8	12
36	Elektrizitätswerk	1875	1914	39	25	3	7	10	12
37	Druckluft-Tram (Mekarski)	1876	1899	23	6	3	18		
38	Vermittlungsstelle	1877	1883	6	14	1	2	4	4
39	Fernwärme	1877	1968	91	13	5	27	78	86
40	Telefonzelle	1878	1903	25	7	3	18		
41	öffentliche elektrische Lampen	1878	1912	34	24	2	4	4	5
42	Elektr. Tram (mit Abnehmer)	1881	2020	139	54	3	6	9	9
43	Natron-Lokomotive	1884	1886	2	3	1			
44	Hochhaus (Stahlbeton)	1884	1972	88	38	1	20	28	40
45	Elektr. Tram (mit Akku)	1887	1897	10	3	5			
46	Hochhaus (Holz)	1890	2016	126	10	118	125	126	126
47	Fahrradwege	1892	1934	42	10	1	5	7	
48	E-Taxi	1897	1899	2	3	0			

ID	urbane Innovation (UI)	MIN (Jahr)	MAX (Jahr)	Diffe- renz	Count	D ₁₋₂	D ₁₋₅	D ₁₋₈	D ₁₋₁₀
49	Motortaxi	1897	1907	10	8	2	5	10	
50	Motorbus	1899	1927	28	8	6	24	28	
51	Parkhaus	1901	1956	55	9	5	25	55	
52	öffentliche Benzin-Tankstelle	1907	1923	16	5	15	16		
53	ziviler Flughafen	1911	1996	85	17	0	1	9	12
54	Fußgängerzone	1913	2000	87	19	40	49	53	58
55	elektrifiziertes Gebäude/- Quartier	1928	1931	3	4	2			
56	Supermarkt Selbstbedie- nung	1930	1957	27	8	18	23	27	
57	urbane Luftseilbahn	1931	2025	94	16	25	45	75	80
58	Schwundgeld	1932	1932	0	1				
59	Schnellzug-Anbindung	1933	1991	58	7	0	36		
60	Parkuhr	1935	1970	35	10	3	17	23	35
61	Ende der elektr. Straßen- bahn	1938	1994	56	11	14	23	34	
62	Bunker	1940	1943	3	10	0	1	2	3
63	Carsharing (stationär)	1948	2004	56	14	25	44	48	52
64	Fernsehturm (Stahlbeton)	1955	1992	37	14	9	13	20	24
65	Fernkälte	1968	2012	44	10	13	36	41	44
66	Bike-Sharing System	1964	2014	50	40	10	32	36	38
67	Business Incubator	1964	2012	48	8	8	21	48	
68	BRT	1964	2012	48	22	10	16	31	36
69	Vakuumsammelsystem	1965	2015	50	15	6	27	31	41
70	Rückbau Gasometer	1966	2013	47	9	5	35	47	
71	Internet	1969	1987	18	13	4	14	15	15
72	Microhousing	1972	2016	44	9	37	41	41	
73	Hackerspace	1973	2013	40	16	22	33	35	36
74	City-Maut	1975	2015	40	6	28	38		
75	Municipal Sheep	1979	2022	43	9	28			
76	fahrerlose U-Bahn	1983	2014	31	15	3	12	20	25
77	Lastenrad im Lieferverkehr	1984	2012	28	8	17	27	28	
78	Shared Space	2002	2014	12	9	1	9	12	
79	Bürger-haushalt	1989	2015	26	15	16	19	22	23
80	urban Farming	1990	2012	22	11	4	18	21	22
81	Autofreie Stadtquartiere	1995	2015	20	12	1	4	9	20
82	Urban Innovation Depart- ment	1995	2015	20	9	11	15	17	
83	Co-Working Hub	1995	2012	17	15	4	10	13	13
84	E-Carsharing (stationär)	1995	2009	14	5	2			
85	e-Payment Card	1997	2015	18	7	3	6		
86	Kostenloser Nahverkehr	1997	2019	22	5	5	22		
87	Glasfasernetz (breitband)	1998	1998	0	1				
88	öffentliche Wasserstoff- Tankstelle	1999	2015	16	7	4	13		
89	Autonomer Bus-Shuttle (Regelverkehr)	1999	2019	20	11	12	16	17	19
90	3D-Stadtmodell	1999	2008	9	5	5	9		
91	Kreativquartier (Innovation District)	2000	2017	17	14	8	11	14	14
92	Packstation	2001	2015	14	11	1	9	9	12
93	urbane Dachgärten	2002	2014	12	13	7	9	9	10
94	FabLab	2002	2014	12	12	6	8	8	11
95	Urban production	2002	2015	13	5	3	13		
96	temporäres Stadtquartier / Tactical Urbanism	2002	2015	13	8	1	12		

8 Tabelle Q - Diffusionsmetriken für UI

ID	urbane Innovation (UI)	MIN (Jahr)	MAX (Jahr)	Differenz	Count	D ₁₋₂	D ₁₋₅	D ₁₋₈	D ₁₋₁₀
97	LED-Straßenleuchten	2003	2011	8	13	5	6	7	7
98	Free WIFI	2004	2014	10	23	0	3	5	7
99	Parklet (temporär)	2005	2014	9	32	1	2	2	4
100	Startup Accelerator (kommerziell)	2005	2013	8	17	2	5	5	6
101	Smart City Initiative	2006	2020	14	25	2	5	5	7
102	Bürger-App für Feedback	2007	2013	6	8	2	5	6	
103	Glasfasernetz für Haushalte (1Gbits)	2007	2017	10	13	3	4	6	7
104	Carsharing (freefloating)	2008	2015	7	12	1	3	4	5
105	Innovationsagentur (Smart City Lab)	2008	2017	9	10	2	4	5	9
106	Urban Maintenance Robotics	2009	2022	13	3	8			
107	Power-to-gas-Energiespeicher	2009	2014	5	3	4			
108	e-Lastenräder	2009	2013	4	12	0	3	4	4
109	e-Logistik	2009	2013	4	7	1	2		
110	QR-Windowshopping	2009	2014	5	9	1	3	3	
111	LTE	2009	2012	3	7	1	3		
112	Supermarkt ohne Verpackung	2009	2014	5	4	3			
113	öffentliche Ladeinfrastruktur	2009	2015	6	19	0	0	1	1
114	Batteriewechselstation	2009	2011	2	3	1			
115	Open Data Portal	2009	2015	6	23	0	1	2	2
116	Temporäre Gestaltung öffentlicher Verkehrsflächen	2009	2019	10	7	3	7		
117	Autonomes Fahrzeug im Stadtverkehr	2010	2019	9	9	0	7	8	
118	Pavement-to-Parks (institutionalisiert)	2010	2015	5	9	1	3	4	
119	Maytaxi	2010	2012	2	10	1	1	2	2
120	UberCab	2010	2014	4	12	1	2	3	4
121	Smart Parking	2010	2015	5	9	1	3	5	
122	City Dashboard	2010	2017	7	7	2	6		
123	MÖOVEL	2012	2014	2	20	0	2	2	2
124	e-Scooter-Sharing (Sitz-Roller)	2012	2019	7	17	1	3	4	4
125	Nachtbürgermeister	2012	2019	7	7	1	5		
126	Drohnen im Stadtgebiet	2013	2015	2	5	0	2		
127	Bitcoin-Automat	2013	2014	1	5	0	1		
128	Public innovation center	2013	2015	2	3	1			
129	On-Demand Minibuses (IT-based)	2013	2019	6	9	1	4	5	
130	indoor vertical farm	2013	2015	2	5	1	2		
131	Multifunktions-Verkehrsfläche (z.B. Solar)	2013	2014	1	3	1			
132	Gesetz 'Recht auf Mobilität'	2014	2014	0	1				
133	Testfelder für autonomes Fahren	2015	2018	3	5	0	3		
134	Zero-Emission-Zone	2015	2025	10	6	1	5		
135	e-Kickboard-Sharing	2017	2019	2	13	1	1	1	2
Abdeckung Datenpunkte (gesamt)						97,0%	86,7%	70,4%	53,3%

9 Tabelle R - Diffusionsverläufe $D_{1-5} \rightarrow$ Städte

ID	urbane Innovation (UI)	Eintritt (Jahr)	D1-5 (Dauer)	Pilot (Nr. 1)	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
1	Technische Hochschule	1200	554	Paris	Wien	Kopenhagen	Hamburg	New York
2	Turmuhr	1288	78	London	Mailand	Nürnberg	Frankfurt	Zürich
3	Festungsanlage (mit Geschützen)	1546	86	Dresden	Stuttgart	Hamburg	Frankfurt	Hannover
4	öffentliche Badeeinrichtung (Bauwerk)	1591	256	Tokio	Wien	Liverpool	Manchester	London
5	Stadtspark (öffentlich)	1637	126	London	Paris	Kopenhagen	Berlin	Hannover
6	Pferdeomnibus ÖPNV	1662	164	Paris	Wien	Manchester	Berlin	Boston
7	öffentliche Öllampen	1662	17	London	Hamburg	Paris	Amsterdam	Berlin
8	Polizei (zentral geführt)	1667	152	Paris	Philadelphia	Hannover	Hamburg	Singapur
9	Feuerwehr (städtisch)	1657	194	Tokio	Wien	Paris	London	Berlin
10	städtische Mülltrennung	1757	110	Philadelphia	Wien	London	Hannover	Zürich
11	Schleifung Stadtmauer	1767	35	Hannover	München	London	Aachen	Dresden
12	Hotel	1774	64	London	Berlin	New York	Stockholm	Zürich
13	Mechanische Fabrik (Coal-powered)	1781	25	Manchester	London	Berlin	Zürich	New York
14	Wasserwerk	1798	65	Philadelphia	London	Hamburg	Berlin	Karlsruhe
15	Neues geometrisches Stadtraster	1805	45	München	New York	Hamburg	Hannover	Stuttgart
16	öffentliche Gaslampen	1808	17	London	Paris	Wien	New York	Hannover
17	Gaswerk	1810	12	London	Paris	Brüssel	Boston	New York
18	Öffentlicher Spielplatz	1811	76	Berlin	Manchester	Boston	San Francisco	Dresden
19	Innenstadttunnel	1825	69	London	New York	Zürich	Istanbul	Stuttgart
20	Kläranlage	1829	74	London	Frankfurt	Hamburg	Berlin	New York
21	Bahnhof	1830	6	Liverpool	Manchester	New York	Boston	London
22	Pferde-Tram	1832	27	New York	Wien	Paris	Boston	Chicago
23	Schrebergärten	1832	75	London	Kopenhagen	Berlin	Wien	Hamburg
24	Gussasphalt	1829	9	Paris	London	Hamburg	Wien	New York
25	Hochbahn	1838	54	London	Paris	New York	Berlin	Chicago
26	Kabel-Tram	1840	30	London	Hamburg	Lyon	New York	Budapest
27	Kanalisation (gemauert)	1843	12	Hamburg	Hannover	Wien	Amsterdam	Paris
28	Konsumgenossenschaft	1844		Manchester	Stuttgart	Hamburg/ Berlin	-	-
29	Telegrafenamnt	1846	9	New York	Wien/ Hannover	Bukarest	Karlsruhe/ Berlin	Hamburg
30	öffentliche Toilette mit Wasserspülung	1852	31	London	Kopenhagen	Frankfurt	Berlin	Wien
31	Baugenossenschaft	1862		Hamburg	New York/ Berlin	Karlsruhe	-	-
32	U-Bahn	1863	34	London	Liverpool	Budapest	Boston	Chicago
33	Verkehrsampe	1868	52	London	Boston	Cleveland	Detroit	Hamburg
34	Müllverbrennung	1870	28	London	New York	Hamburg	Tokio	München
35	Dampf-Tram	1871	6	New York	London	Paris	Brüssel/ Barcelona	Hamburg

9 Tabelle R - Diffusionsverläufe $D_{1-5} \rightarrow \text{Städte}$

ID	urbane Innovation (UI)	Eintritt (Jahr)	D1-5 (Dauer)	Pilot (Nr. 1)	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
36	Elektrizitätswerk	1875	7	Barcelona	Paris	Godalming	New York/ London/ Stuttgart	München
37	Druckluft-Tram (Mekarski)	1876	18	Paris	Nantes	London	Bern	New York
38	Vermittlungsstelle	1877	2	Boston	New Haven	Manchester/ London/ Paris	Zürich/ Stockholm	Wien/Hamburg/ Berlin
39	Fernwärme	1877	27	Lockport	New York	Hamburg	Kopenhagen	Zürich
40	Telefonzelle	1878	18	New Haven	Berlin/ Zürich	New York	Kopenhagen	Wien
41	öffentliche elektrische Lampen	1878	4	Paris	New York	Philadelphia	Barcelona/ Hamburg/ Berlin	Vancouver
42	elektr. Tram mit Abnehmer	1881	6	Berlin	Frankfurt	Richmond	Boston	Chicago/ Vancouver/ Paris
43	Natron-Lokomotive	1884		Aachen	Berlin	Minneapolis	-	-
44	Hochhaus (Stahlbeton)	1884	20	Chicago	New York	San Francisco	Boston	Seattle
45	elektr. Tram mit Akku	1887		Brüssel	Kopenhagen	Paris	-	-
46	Hochhaus (Holz)	1890	125	Tokio	Berlin	London	Hamburg	Stockholm
47	Fahrradwege	1892	5	Kopenhagen	Chicago	New York	Bremen	Hannover
48	e-Taxi	1897		London	New York	Berlin	-	-
49	Motortaxi	1897	5	Stuttgart	Berlin	Wien	London	New York
50	Motorbus	1899	24	London	New York	Boston	Tokio	Köln
51	Parkhaus	1901	25	London	Paris	Washington	Chicago	Stuttgart
52	öffentliche Benzin-Tankstelle	1907	16	Seattle	Hannover	Köln	Berlin	Hamburg
53	ziviler Flughafen	1911	1	Hamburg	Freiburg	Frankfurt	Wien	Paris
54	Fußgängerzone	1913	49	Buenos Aires	Rotterdam	Kassel	Stuttgart	Kopenhagen
55	elektrifiziertes Gebäude-/Quartier	1928		Frankfurt	Berlin	Helsinki	-	-
56	Supermarkt Selbstbedienung	1930	23	New York	Boston	Zürich	Hamburg	München
57	urbane Luftseilbahn	1931	45	Barcelona	Köln	Singapur	New York	Algier
58	Schwundgeld	1932		Wörgl				
59	Schnellzug-Anbindung	1933	36	Berlin	Hamburg	Tokio	New York	München
60	Parkuhr	1935	17	Oklahoma City	San Francisco	New York	Basel	Duisburg
61	Ende der elektr. Straßenbahn	1938	23	Paris	London	New York	Istanbul	Berlin
62	Bunker	1940	1	Hamburg	Köln	Berlin	München	Stuttgart
63	Carsharing (stationär)	1948	44	Zürich	Berlin	Freiburg	Köln	Stuttgart
64	Fernsehturm (Stahlbeton)	1955	13	Stuttgart	London	Stockholm	München	New York
65	Fernkälte	1968	36	Hamburg	Paris	Stockholm	Berlin	Barcelona
66	Bike-Sharing System	1964	32	Amsterdam	La Rochelle	Zürich	Kopenhagen	Portsmouth
67	Business Incubator	1964	21	Philadelphia	London	Berlin	München	New York

Anhang

ID	urbane Innovation (UI)	Eintritt (Jahr)	D1-5 (Dauer)	Pilot (Nr. 1)	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
68	BRT	1964	16	Liege	Curitiba	San Francisco	Porto Alegre	New York
69	Vakuumsammelsystem	1965	27	Stockholm	New York	München	Berlin	Barcelona
70	Rückbau Gasometer	1966	35	Karlsruhe	Hannover	Hamburg	München	Wien
71	Internet	1969	14	San Francisco	London	Paris	Amsterdam	Karlsruhe
72	Microhousing	1972	41	Tokio	Seattle	Frankfurt	Boston	New York
73	Hackerspace	1973	33	Boston	Berlin	Karlsruhe	Düsseldorf	Wien
74	City-Maut	1975	38	Singapur	London	Stockholm	Mailand	Göteborg
75	Municipal Sheep	1979		Curitiba	Cleveland	Paris	-	-
76	fahrerlose U-Bahn	1983	12	Vancouver	London	Tokio	Paris	Kopenhagen
77	Lastenrad im Lieferverkehr	1984	27	Kopenhagen	Paris	Zürich	Wien	London
78	Shared Space	2002	9	Zürich	London	Frankfurt	Karlsruhe	Paris
79	Bürger-haushalt	1989	19	Porto Alegre	Berlin	Köln	Freiburg	Hamburg
80	urban Farming	1990	18	Havanna	Los Angeles	Detroit	Chicago	Wien
81	Autofreie Stadtquartiere	1995	4	Freiburg	Amsterdam	Wien	Edinburgh	Kassel
82	Urban Innovation Department	1995	15	Singapur	New York	Paris	Barcelona	Chicago
83	Co-Working Hub	1995	10	Berlin	New York	Wien	London	San Francisco
84	E-Carsharing (stationär)	1995		San Francisco	Paris	La Rochelle	Oslo	Berlin
85	e-Payment Card	1997	6	HongKong	Helsinki	Tokio	Singapur	London
86	Kostenloser Nahverkehr	1997	22	Hasselt	Manchester	Tallinn	Düsseldorf	Luxemburg
87	Glasfasernetz (breitband)	1998		Singapur				
88	öffentliche Wasserstoff-Tankstelle	1999	13	München	Hamburg	Stuttgart	Berlin	Wien
89	Autonomer Bus-shuttle (Regelverkehr)	1999	16	Rotterdam	London	Lausanne	Wageningen	Mailand
90	3D-Stadtmodell	1999	9	Stuttgart	New York	Berlin	Hamburg	Köln
91	Kreativitätsquartier (Innovation District)	2000	11	Barcelona	Seattle	New York	Boston	Austin
92	Packstation	2001	9	Dortmund	Frankfurt	Köln	Berlin	-
93	urbane Dachgärten ()	2002	9	Montreal	Barcelona	New York	London	Amsterdam
94	FabLab	2002	8	Boston	Barcelona	Aachen	Wien	-
95	urban production	2002	13	Dresden	Phoenix	Stuttgart	-	-
96	temporäres Stadtquartier	2002	12	Paris	Quito	New York	Vancouver	San Diego
97	LED-Straßenleuchten	2003	6	München	Stuttgart	Wien	New York	Karlsruhe
98	Free WiFi	2004	3	Jerusalem	Tallinn	London	Paris	Singapur
99	Parklet (temporär)	2005	2	San Francisco	London	Rio de Janeiro	Boston	Washington
100	Startup Accelerator (kommerziell)	2005	5	San Francisco	London	Barcelona	Boston	Kopenhagen
101	Smart City Initiative	2006	5	Seoul	Peking	Santander	Barcelona	Wien
102	Bürger-App für Feedback	2007	5	London	Boston	Karlsruhe	Philadelphia	New York
103	Glasfasernetz für Haushalte (1Gbits)	2007	4	Lund	HongKong	Köln	Seoul	Lissabon

9 Tabelle R - Diffusionsverläufe $D_{1-5} \rightarrow \text{Städte}$

ID	urbane Innovation (UI)	Eintritt (Jahr)	D1-5 (Dauer)	Pilot (Nr. 1)	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
104	CARSHARING (floating)	2008	3	Ulm	Austin	Paris	Wien	Hamburg
105	Innovationsagentur (Smart City Lab)	2008	4	Barcelona	Boston	New York	Wien	Seoul
106	Urban Maintainance Robotics	2009		Peccioli	Bad Hersfeld	-	-	-
107	Power-to-gas-Energiespeicher	2009		Stuttgart	Frankfurt	Hamburg	-	-
108	e-Lastenräder	2009	3	London	Paris	Berlin	New York	Wien
109	e-Logistik	2009	2	London	Berlin	Hamburg	Stuttgart	Zürich
110	QR-Windowshopping	2009	3	Seoul	Düsseldorf	London	Berlin	New York
111	LTE	2009	3	Stockholm	München	Hamburg	Wien	London
112	Supermarkt ohne Verpackung	2009		London	Barcelona	Wien	Berlin	
113	öffentliche Ladeinfrastruktur	2009	0	London	Berlin	Freiburg	Amsterdam	München
114	Batterie-wechselstation	2009		Tokio	Tel Aviv	Kopenhagen	-	-
115	Open Data Portal	2009	1	Memphis	Portland	San Francisco	Chicago	London
116	Temporäre öffentliche Verkehrsflächen	2009	7	New York	Chicago	Berlin	Stuttgart	München
117	Autonomes Fahrzeug im Stadtverkehr	2010	7	San Francisco	Braunschweig	Berlin	Milton Keynes	-
118	Pavement-to-Parks (institutionalisiert)	2010	3	San Francisco	New York	Chicago	Vancouver	Seattle, USA
119	MyTaxi	2010	1	Hamburg	Berlin	München	Stuttgart	Zürich
120	UberCab	2010	2	San Francisco	New York	London	Paris	Stockholm
121	Smart Parking	2010	3	San Francisco	Los Angeles	New York	Barcelona	Manchester
122	City Dashboard	2010	6	Rio de Janeiro	London	Amsterdam	Boston	Madrid
123	Moovel	2012	2	Stuttgart	Berlin	München	London	Wien
124	e-Scooter-Sharing	2012	3	San Francisco	Barcelona	München	Berlin	Wien
125	Nachtbürgermeister	2012	5	Amsterdam	Paris	Zürich	London	New York
126	Drohnen im Stadtgebiet	2013	2	London	Köln	New York	Singapur	Tokio
127	Bitcoin-Automat	2013	1	Helsinki	Vancouver	Albuquerque Ulm	Stockholm	Berlin
128	Public Innovation Center	2013		Boston	Medellin		-	-
129	On-Demand Minibuses (IT-based)	2013	4	Helsinki	New York	Washington	Sittingbourne	Stuttgart
130	indoor vertical farm	2013	2	Tokio	Chicago	Berlin	HongKong	New York
131	Multifunktions-Verkehrsfläche (z.B. Solar)	2013		Cambridge	Eindhoven	Krommenie	-	-
132	Gesetz 'Recht auf Mobilität'	2014		Mexico City	-	-	-	-
133	Testfelder für autonomes Fahren	2015	3	Detroit	Singapur	Milton Keynes	-	-
134	Zero-Emission-Zone	2015	5	Madrid	Mailand	Oslo	Paris	London
135	e-Kickboard-Sharing	2017	1	San Francisco	San Diego	Washington	Barcelona	Madrid
...	(End of Data)	...	...	...	...	...	...	...

9.1 Fallbeispiel UI-47: Fahrradinfrastruktur

Die Relevanz des Fahrrads als urbane Innovation ist besonders für die Phase des Aufkommens von Radwegen als neuem Typus eines Verkehrswegs in Städten hinsichtlich politischer, wirtschaftlicher und sozialer Einflussfaktoren zu analysieren. Im Vergleich mit anderen urbanen Innovationen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts weist der Typ 'Fahrradweg' (UI-47) eine überdurchschnittlich hohe Diffusionsgeschwindigkeit mit $D_5 = 6$ auf, d.h. von der Pilotierung des ersten innerstädtischen Radwegs auf den Esplanaden von Kopenhagen 1892 bis zur fünften nachweisbaren Diffusion in Hannover 1898 in drei Ländern vergingen nur sechs Jahre.

ID	urbane Innovation (UI)	Eintritt (Jahr)	D1-5 (Dauer)	Pilot (Nr. 1)	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
47	Fahrradwege	1892	6	Kopenhagen, 1892	Chicago, 1893	New York, 1894	Bremen, 1897	Hannover, 1898

In den Jahren vor und nach der Jahrhundertwende verdreissigfachen sich teilweise die Zahlen von Radfahrern, viele Initiativen bildeten sich und Radfahren war der Inbegriff von individueller Mobilität [Wuppermann, 2016].

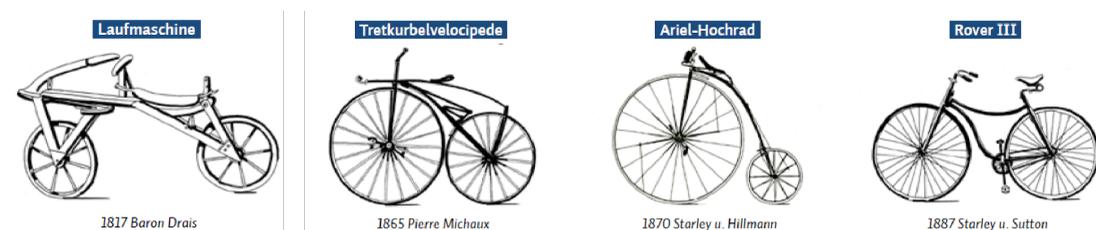


Abbildung: Entwicklung von Laufmaschine zum Rover III Fahrrad [HannoRad, 2017]

Bemerkenswert ist im Diffusionsverlauf, dass meist lokale Gruppierungen oder Initiativen wichtige Impulse gaben und sogar teilweise in der Finanzierung erster Fahrradwege eingebunden waren. In Bremen übernahm der Senat dann die Rolle des Co-Finanzierers und legte weitere Versuchsstrecken an. Während einige ihre Infrastrukturen an den Stadträndern (vgl. Coney Island Parkway, NYC) errichteten, bauten andere Akteure in zentraler Lage (vgl. Esplanaden, Kopenhagen) ihr Angebot aus.

In allen Fällen spielten gemäß Literatur Kriterien wie Praktikabilität neuer Fahrradtypen (Rover Safety Bike), die Wirtschaftlichkeit neuer Fahrräder (siehe Abbildung), das Vorhandensein gewisser Eliten bzw. Innovatoren und der 'Boom' des Fahrradfahrens in der Bevölkerung trotz oder gerade wegen wirtschaftlicher Krisenzeiten eine erkennbare Rolle [Wuppermann, 2016].

Und während die wichtigen technischen Fortschritte des heutigen Fahrrads in Frankreich und England erzielt wurden, setzte sich die neue Radinfrastruktur wohl in anderen Städten zuerst durch. Beispielsweise erhielt England erst 1934 seinen ersten 'offiziellen' Fahrradweg, was aber damit zusammenhing, dass es für Fahrräder keine besondere gesetzliche Regelung auf der Insel bedurfte.

10 Tabelle S - Iterationsstufen 1-3 der Muster-Prototypen

Nr.	Ausgangsbasis (N = 41)	1. Iteration (N = 34)	2. Iteration (N = 28)	3. Iteration (N = 26)	Klasse
1	Sensorintegration				
2	Ungenutzte Flächen aktivieren				
3	Miniaturisierung von Funktionen				
4	Flat-Rates statt Einzelabrechnung (neue Geschäftsmodelle)				
5	Gemeinschaftliche Nutzung von Produkten				
6	Räume zum Spaß haben und zur Interaktion	Social Innovation Zones / Centers			
7		Institutionalisierung sozialer Praxis			
8		Städtische Ausschreibungen/Wettbewerbe			
9		Leadership in Stadtverwaltung	Ausführende als Bestandteil politischer Gremien		
10	Ein Mann als Promotor (Leadership-Innovation)	'The creative Guy'	Stadtverwaltung als 'Vorreiter'	Political Leadership Expertise [PLX]	3
11		'Hidden Agenda' bei langjährigen Entscheidern, z.B. Stadtbaurat			
12	Breite Finanzierung / Co-Finanzierungsmodell	partizipative Finanzierungsinstrumente		Citizen Crowdfunding [CIC]	3
13		Hybride Lösungen (Innovation + X)	Combine two	Combine two technologies [CTT]	4
14	Modellvorhaben / Leuchtturm		Testfeld/Labor	District as Laboratory [DAL]	2
15		Krisensituationen abwarten	Krise als Chance	Don't waste a good crisis [DWC]	1
16		Orientieren an 'Lead-Usern'	lokale FuE-Abteilung vor Ort	Enterprise Innovation Push [EIP]	3
17	Alte Infrastrukturen neu interpretieren	Umwidmung 'etablierter' Infrastrukturen	Parasit	Familiar Re-Interpretation [FRI]	4
18	Verändere das ökonomische System	'Demonstratoren' für Überzeugung von Gremien		Free Access for All [FAA]	5
19		Innovationsagentur		Innovation culture/agencies [ICA]	3
20		Innovation Districts etablieren			
21	...		Hinterhof / Nische	Backyards and Niches [BAN]	2
22		Mangel als Chance	Engpass/Nachteil als Vorteil	Choke Point Opportunity [CPO]	1
23		Universitäten als Kreativpotenzial			
24		Wissenschaft als Zugpferd	Neue Theorien als Impuls (Wörgl, ...)	Local Science Push [LSP]	3
25	Hol dir den Experten, der es bereits gemacht hat	Best-Practice-Touren	Internationale Best-Practices	Found in Translation [FOT]	3
26	Modularisierung Standardisierung im öffentlichen Raum	Zulassen alternativer Betreibermodelle	Funktionsintegration	Modular Matrjoschka [MOM]	2
27	Funktionsintegration	Transfer eines bekannten Prinzips in einen anderen Kontext		New Spatial Expansion [NSX]	2
28	Anpassungsfähigkeit für 2. Lebenszyklus			Old Legacy Detachment [OLD]	4
29	Leapfrogging (auf übernächste Generation setzen)	'Vorrüstung' für spätere Entwicklungen			
30		Bürgerintegrierte Planungsprozesse		One Zero Off [OZO]	5
31			Paradigmenbrecher	Paradigm Shifting [PAS]	4
32	Leistungsorientierte Leitlinien		Performante Richtlinien	Performante De/Regulation [PDR]	1
33	Gesellschaftliche Teilhabe & Verantwortung	Berücksichtigung kreativer Bewegungen	Sozialexperiment (EcoMobility, Mincome ...)	Power to the people [PTP]	3
34		Experimentierfelder für Community Building			
35	Innovationspartnerschaften			Public-Private Innovation Partnership [PPI]	5
36	Übergeordnete Leistungsshow	Top-Down Förderung		Special Event Trigger [SET]	1
37	Veranstaltungen/Events zur Verhaltensänderung		Luxus ist gut	Start with Premium [SWP]	5
38		Imitation und Aufwertung bestehender Konzepte	Technology before Design	Technology Evolution Anticipation [TEA]	4
39		Late Mover-Ansatz		Urban Life Improvement [ULI]	2
40	Schaufenster, Lehrküche	Erstes 'Antesten' von Innovation	Endkundenorientierte Kommunikation/ Aufklärung	User experience first [UEF]	5
41	'Das Auge isst mit'	Design als 'Icebreaker'	'Beautiful and Different'		
42		Dezentralität für Unabhängigkeit	'Make it independent'		
43			Location, Location, Location		
44			More with Less (Multifunction)		
45			Think 50 years ahead		
46			Wirtschaft geht voran		
47		Vision Innovation Strategy			
48	Ortsverlagerung (ins Zentrum)	Einbindung Privatwirtschaft			
49	Dezentralisierung von Systemen	Unternehmen als Initiatoren			
50	Deregulierung von Gesetzgebung	'Öffnung des öffentlichen Raums'			
51	Temporäres Umwidmen von Flächen	'Weglassen' von Infrastrukturen			
		Anpassung des regulatorischen Rahmens			
		'Spielräume' für lokale Identität			

11 Tabelle T - Bevölkerungsentwicklung von TOP8-Städten

Jahr	München	Berlin	New York	London	Paris	Hamburg	Wien	San Francisco
1200				20.000	100.000	1.500	10.000	
1300				80.000				
1400				95.000				
1500	13.447	9.000		125.000	200.000	18.000	20.000	
1550	15.800	10.000		150.000	275.000	19.000	25.000	
1600	18.000	9.000	0	200.000	250.000	40.000	29.000	
1650	21.500	7.000	1.000	375.000	400.000	60.000	50.000	
1700	24.000	30.000	5.000	575.000	515.000	67.000	113.000	
1710	26.500	56.000	5.700	595.000	525.000	68.000	125.492	
1720	28.800	64.000	7.000	615.000	535.000	69.000	137.984	
1730	30.000	72.387	8.600	635.000	545.000	71.000	150.476	
1740	31.000	90.000	11.000	655.000	555.000	73.000	162.968	
1750	32.000	113.289	14.500	675.000	565.000	75.000	175.460	
1760	31.500	95.245	18.000	759.357	581.250	80.000	186.368	
1770	31.000	133.520	28.423	843.714	597.500	90.000	197.276	
1780	37.500	140.625	35.000	928.070	613.750	95.000	208.184	
1790	35.000	150.803	57.500	1.012.427	630.000	110.000	219.092	
1800	40.450	172.132	87.865	1.096.784	546.856	130.000	230.000	
1810	40.638	162.971	119.734	1.303.564	622.636	106.893	224.548	
1820	58.000	201.900	152.056	1.573.210	725.000	80.000	310.000	
1830	71.375	245.000	242.278	1.878.229	785.862	126.000	401.200	
1840	82.736	330.230	391.114	2.207.653	935.261	136.956	469.400	1.000
1850	96.396	387.978	696.115	2.651.939	1.053.262	160.000	551.300	25.000
1860	145.000	550.000	1.174.719	3.188.485	1.696.141	175.000	740.000	56.802
1870	170.000	790.000	1.478.109	3.840.595	1.840.000	235.000	920.000	149.473
1880	230.023	1.122.330	1.911.698	4.713.441	2.269.023	289.859	1.162.591	233.959
1890	349.034	1.578.594	2.507.414	5.571.968	2.447.957	323.923	1.430.213	298.997
1900	499.932	1.888.848	3.437.202	6.506.889	2.714.068	705.738	1.769.137	342.782
1910	596.467	2.071.257	4.766.883	7.160.441	4.500.000	931.035	2.083.630	416.912
1920	666.000	3.879.409	5.620.048	7.386.755	4.850.000	1.026.989	2.050.000	506.676
1930	728.900	4.332.834	6.930.446	8.110.358	5.674.419	1.145.124	1.925.000	634.394
1940	834.500	4.330.810	7.454.995	8.600.000	5.700.000	1.725.500	1.750.000	634.536
1950	831.937	3.336.026	7.891.957	8.196.807	6.000.000	1.605.606	1.616.125	775.357
1960	1.055.457	3.274.016	7.781.984	7.992.443	7.200.000	1.810.000	1.620.000	740.316
1970	1.293.590	3.208.719	7.894.862	7.368.693	8.300.000	1.793.823	1.622.000	715.674
1980	1.298.941	3.048.759	7.071.639	6.608.598	8.600.000	1.645.095	1.550.000	678.974
1990	1.229.026	3.433.695	7.322.564	6.679.699	9.318.821	1.692.680	1.530.000	723.959
2000	1.210.223	3.388.434	8.008.278	7.172.091	9.644.507	1.715.392	1.550.123	776.733
2010	1.353.186	3.460.725	8.175.133	8.173.900	10.460.118	1.786.448	1.726.225	805.235
2020	1.431.000	3.698.300	8.700.000	9.083.000	10.180.000	1.814.000	1.840.000	850.000

13 Tabelle V - Zentralitätsmaße und Häufigkeit der UIP

Muster	Aktiv	Passiv	Summe	Häufigkeit (absolut)	Zentralität (relativ)	Häufigkeit (relativ)	Quotient
DAL	120	130	250	37	1	0,925	108,1%
PLX	123	122	245	38	0,98	0,95	103,2%
UQI	121	120	241	40	0,964	1	96,4%
EIP	115	111	226	33	0,904	0,825	109,6%
BAN	103	101	204	32	0,816	0,8	102,0%
UEF	91	91	182	28	0,728	0,7	104,0%
LSP	89	91	180	29	0,72	0,725	99,3%
FAA	85	87	172	28	0,688	0,7	98,3%
PTP	72	70	142	22	0,568	0,55	103,3%
CPO	61	62	123	20	0,492	0,5	98,4%
PPI	59	62	121	17	0,484	0,425	113,9%
MOM	60	57	117	20	0,468	0,5	93,6%
PAS	53	53	106	18	0,424	0,45	94,2%
FRI	52	52	104	18	0,416	0,45	92,4%
OLD	50	46	96	16	0,384	0,4	96,0%
SMA	45	49	94	12	0,376	0,3	125,3%
CTT	48	45	93	15	0,372	0,375	99,2%
ICA	46	47	93	13	0,372	0,325	114,5%
SWP	45	43	88	18	0,352	0,45	78,2%
PDR	44	42	86	13	0,344	0,325	105,8%
NSE	39	40	79	11	0,316	0,275	114,9%
DWC	36	36	72	13	0,288	0,325	88,6%
SET	35	30	65	9	0,26	0,225	115,6%
CIC	30	32	62	9	0,248	0,225	110,2%
OZO	30	30	60	9	0,24	0,225	106,7%
TEA	27	30	57	9	0,228	0,225	101,3%

Aktiv-Passiv-Summe, Häufigkeit und Zentralitätsmaße der UIP (aus IDA und konfirmatorischer Überprüfung), Quotient durch relative Zentralität und Häufigkeit bestimmt

14 Erhebungsdesign - quantitative Expertenbefragung

Einleitung

Liebe/r Teilnehmer/in,

vielen Dank für Ihre Zeit! Ich befinde mich auf der Zielgeraden meiner 'Forschungsreise' (= Dissertation), die sich stets um die Frage drehte, wie bedeutsame Innovationen in Stadtssystemen entstehen (= urbane Innovation) und wie sie sich global durchsetzen (= Diffusion). Ziel der Dissertation ist es Potenziale musterbasierter Wissensgenerierung (= Design Patterns) auf den Kontext urbaner Innovationsprozesse zu übertragen und damit wesentliche Erfolgsfaktoren für eine technologieoffene Transformation unserer Städte zu validieren. [UI = Urbane Innovationen stellen dabei Neuerungen in einzelnen oder mehreren Stadtssystemen dar, die eine strukturelle Veränderung bzw. Evolution des jeweiligen Systems bedeuten und meist eine Raumrelevanz aufweisen.]

Dabei kommt Ihnen als Experte/in* eine entscheidende Rolle zu die 25 prototypischen 'urbanen Innovationsmuster hinsichtlich ihrer Plausibilität, Relevanz und Gestaltbarkeit zu quantifizieren. Die Befragung erfolgt anonym, umfasst vier Teile mit größtenteils geschlossenen Fragestellungen und dauert etwa in der vollständigen Bearbeitung ca. 25-35 Minuten.

**) Definition Experte/in: Innovatoren in der nationalen Stadtentwicklung, die bereits direkte Erfahrungen haben Innovationen im Stadtraum oder zur Veränderung urbaner Prozesse (zB Energie, Logistik, Mobilität, Grünraum, Handel, ...) zu gestalten, zu pilotieren und/oder zu skalieren.*

Teil I - Persönliche Angaben zu Expertise und Praxis

Dieser einführende Abschnitt enthält 4-7 Fragen zu Ihrer Einordnung, dem kommunalen Bezug, der eigenen Expertise und Eckpunkten zu einem beispielhaften Innovationsprojekt von Ihnen (z.B. nachhaltige Stadt, Smart City, Mobilität, ...). [Dauer: ca. 3-5 min.]

→ Frage 1: Sind Sie Vertreter/in aus...?

- Wissenschaft
- Wirtschaft
- Verwaltung
- Zivilgesellschaft/Ehrenamt
- Sonstiges

→ Frage 2: In, für oder mit wie vielen Städten (bzw. Stadtverwaltungen) haben Sie in ihrer Praxis an konkreten Pilot- und Umsetzungsprojekten zusammengearbeitet? (Schätzung)

- keine
- 1-5
- 6-10
- 11-20
- 21-50

Anhang

- () mehr als 50

→ Frage 3: Wie würden Sie Ihre theoretische und praktische Erfahrung/Kenntnisse bei der Entwicklung und Einführung von urbanen Innovationen einordnen? (0 = keine/kaum - 6 = sehr gut (z.B. andere Experten/innen konsultieren mich öfters))

- ()
- () *
- () **
- () ***
- () ****
- () *****
- () *****

→ Frage 4: Haben Sie in Ihrer beruflichen Praxis und/oder einem Forschungsprojekt (direkt/indirekt) mindestens eine urbane Innovation in einer Stadt gestaltet oder umgesetzt?

- () ja
- () nein
- () unsicher

→ Frage 5: ART DER INNOVATION

Wenn ja bei Frage 4 - für welche Innovation (technisch/sozial/Prozess/...) war das? Können Sie ein Beispiel exemplarisch in einem Satz skizzieren?

_____ (Freitext 500 Zeichen)

→ Frage 6: KONTEXT

Wenn ja bei Frage 4 - War Ihnen zum Zeitpunkt der Umsetzung/Einführung eine weitere Stadt (oder mehrere) bekannt, die diese Innovation in dieser oder ähnlicher Art (z.B. in anderem Land, Vorgängertlösung, gleiches Prinzip) bereits eingeführt haben und woran sie sich orientierten?

- () ja
- () nein
- () unsicher

→ Frage 7: STADT

Wenn ja bei Frage 4 - in welcher Stadt oder welchen Städten war das in Ihrem Fall?

_____ (Freitext 500 Zeichen)

Teil II - Einleitende Thesen zu urbanen Innovationen

Dieser Abschnitt enthält drei geschlossene Fragestellungen mit insgesamt acht Aspekten zum Status quo urbaner Veränderungsprozesse, zu Mustern als Gestaltungsansatz und zu möglichen Potenzialen. [Dauer: ca. 3-5 min.]

→ Frage 8: STATUS QUO

Bitte bewerten Sie die den heutigen Umgang mit sozio-technischen Veränderungsprozessen auf Ebene von Städten und gebauter Umgebung angesichts bekannter Herausforderungen.

Liegen die richtigen Instrumente (Planung, Finanzierung, Umsetzung, Betrieb, Anpassung, Transfer, ...) bereits vor und werden diese in der kommunalen Praxis fachgerecht angewendet?

- unzureichend/nicht
 - eher nicht
 - teils/teils
 - eher gut
 - sehr gut
 - keine Angabe
-

→ Frage 9: MUSTER

Eine der zentralen Hypothesen der wissenschaftlichen Arbeit ist die Annahme, dass urbane Innovationen, d.h. die Einführung, Adaption und Diffusion im globalen Stadtsystem wiederkehrenden Merkmalen oder Erfolgsfaktoren (=Mustern) unterliegen. Inwieweit würden Sie dieser These auf Basis Ihres heutigen Kenntnisstands zustimmen?

- sehr unwahrscheinlich
 - eher unwahrscheinlich
 - teils/teils
 - eher wahrscheinlich
 - sehr wahrscheinlich
 - keine Angabe
-

→ Frage 10: WIRKUNG

Angenommen, es gibt bewährte Muster für urbane Innovationen: Wie bewerten Sie in der Identifikation, Aufbereitung und Anwendung solcher Muster für die Praxis einen ersichtlichen Vorteil zum besseren Umgang mit bzw. Erreichung von folgenden Zielen? (0 = sehr gering / 5 = sehr hoch; 6 = keine Angabe)

- nachhaltige Stadtentwicklung und Klimaschutzzielen
- schnellere Adaptions- und Innovationsgeschwindigkeit
- mehr Kooperation und Co-Innovation mit anderen Städten (Voneinander lernen)
- effizientere Abläufe/Prozesse im Stadtsystem
- Paradigmenwechsel (zB bei systemischen Technologiesprüngen)
- bessere Anpassung an neue gesellschaftliche Bedarfe (zB Konsumwandel)

Teil III - Evaluation urbaner Innovationsmuster (1-13)

Die ersten 13 von insgesamt 25 Mustern beschreiben bewährte bzw. wiederkehrende Lösungsprinzipien sowie Rahmenbedingungen urbaner Innovationen in abstrahierter Form und wurden mittels empirischer Analysen aus über 1.600 Datenpunkten aus 118 Städten und 135 Innovationsprozessen formuliert.

Durch Muster soll bewährtes Wissen unabhängig von konkreten Technologien oder spezifischen Anwendungsfällen dokumentiert, generalisiert, wiederverwertet und angewendet werden. Sie basieren idealerweise auf der Erfahrung vieler und der Entwicklung eines „practical body of knowledge“, also praktischem Wissen, wie bestimmte Problemstellungen erfolgreich bearbeitet werden können - oder sich urbane Innovationen erfolgreich einführen und replizieren lassen.

Bitte bewerten Sie im Folgenden die Muster-Prototypen jeweils im Hinblick auf (A) Plausibilität, (B1) Signifikanz heute / (B2) in Zukunft und (C) Gestaltbarkeit.

[Dauer: ca. 12-15 min.]

Hinweis zu den Aspekten ff.:

- *Generell: Ihre Angaben sind skalierte Einschätzungen (von 0% - keine Zustimmung - bis 100% - volle Zustimmung). Wenn Sie eine Bewertung als schwierig empfinden, können Sie 'keine Angabe' angeben.*
- *A. Plausibilität: Die Texte sind nicht final und möglichst kompakt gehalten, sie sollen Ihnen nur eine grundsätzliche Vermittlung des Musters (mit unterschiedlichen Sub-Kriterien) darstellen. Dabei die reine Frage, ob Sie diese grundsätzliche Eigenschaften nachvollziehen können aus Ihrer Erfahrung zu urbanen Innovationen?*
- *B1. Signifikanz - heute: Im Kern geht es bei dieser Bewertung darum, ob das Muster rückblickend aus Ihrer Sicht relevant war für urbane Innovationen?*
- *B2. Signifikanz - Zukunft: Hier geht es um Ihre Einschätzung, ob Sie das Muster als relevant für zukünftige Innovationen erachten, z.B. für positive Veränderung hin zu Klimaneutralität, bei Digitalisierung, Verkehrswende etc.?*
- *C. Gestaltbarkeit: Muster können entweder eher als externe (statische) Einflüsse wirken oder auch lokal 'generiert' werden. Wie bewerten Sie somit für jedes Muster die Beeinflussung durch kommunale/lokale Akteure?*

→ Frage 12: Muster 1 - Special Event Trigger [SET]

Das Muster SET hat sich als relativ etabliert erwiesen in der modernen Stadtentwicklung. Es beschreibt den Einfluss von besonderen Großveranstaltungen mit dem erklärten Ziel Innovationen einzusetzen. Allgemeine Beispiele sind die großen internationalen Weltausstellungen und EXPOs, Bundes- und Landesgartenschauen (BUGA, LAGA), Internationale Bauausstellungen (IBA), Olympiaden oder auch Jubiläen von Städten.

Beispiel: Auf der Weltausstellung Paris 1889 wurden dabei elektrische Straßenbeleuchtung wie auch der Eiffelturm als weltweit höchstes Stahlfachwerk demonstriert.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 13: Muster 2 - Don't waste a good crisis [DWC]

Das Muster DWC ist relativ stark ausgeprägt in der Evolution von Stadtsystemen. Städte haben bis in die Neuzeit vielfältige Herausforderungen zu bewältigen, sei es aktuell durch Extremwetterereignisse, durch wirtschaftliche Einbrüche, Pandemien, Kriege oder Naturkatastrophen.

Beispiel: Am Anfang der modernen Trinkwasserversorgung in Hamburg stand eine Katastrophe, in New York bestand die 'Horse Manure Crisis' durch Pferdemist und der ersten Untergrundkanalisation in London ging 1858 der 'Great Stink' voraus.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 14: Muster 3 - Performante De/Regulation [PDR]

In der Rechtsliteratur beschreibt 'performante' oder 'performanzbasierte' Regulierung einen Ansatz, der sich primär auf angestrebte messbare Ergebnisse anstatt verordnender (restriktiver) Prozesse, Techniken oder Abläufe bezieht. Internationale Anwendungsfälle hierzu bestehen im Bereich von Umwelts-, Gesundheits- oder Baurecht, ebenso auch im Leistungsmotorsport. Das Muster PDR kann dabei in Form einer gesetzlichen Anreizgestaltung oder gezielten Reduktion von Verordnungen für urbane Innovationen auftreten.

Beispiel: Identifizierte Beispiele hierfür sind unter anderem gezielte baurechtliche Anreize für dezentrales Grauwasserrecycling (San Francisco, 2018) oder das Fehlen von verkehrlicher Regulierung bei der Einführung des Lastenrads in Christiania (Kopenhagen, 1984).

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 15: Muster 4 - Choke Point Opportunity [CPO]

Bei urbanen Innovationen beschreibt das Muster CPO das geschickte Ausnutzen von vermeintlichen intrinsischen oder extrinsischen Nachteilen für innovative Lösungen. Dabei können neben räumlichen auch politische, rechtliche oder soziale 'Engpässe' von Bedeutung sein. Allgemein gültig sind in der Anwendung des Musters vermeintliche Engpässe oder Einschränkungen als Chance für Innovationen nachweisbar.

Beispiel: Ein nicht-technologisches Beispiel dafür ist die Stadt Havanna, die durch das US-Embargo seit 1989 zum weltweiten Vorreiter für urbane Landwirtschaft (>50 Prozent) wurde; ein rechtliches Beispiel belegt die Pilotierung der U-Bahn in London aufgrund eines gesetzlichen Verbots für oberirdische Bahnen in der Innenstadt.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 16: Muster 5 - Backyards and Niches [BAN]

Das Muster BAN beschreibt das Prinzip, wenn sich Innovationen relativ unbeobachtet der Allgemeinheit in einer Art Hinterhofsituation oder einem anders regulierten Bereich ('Nische') entwickeln. Damit neue soziokulturelle und soziotechnische Praktiken in Nischen wachsen und sich verbreiten können, ist es für die Transitionsforschung wesentlich, dass dort innovationsförderliche Rahmenbedingungen vorherrschen.

Beispiel: Christiania in Kopenhagen als alternative Wohnsiedlung, Kowloon Walled City nahe Hongkong als politisches 'Niemandland' und der Berliner Vorort Groß-Lichterfelde bei der Einführung der ersten elektrischen Straßenbahn (W. von Siemens, 1881).

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 17: Muster 6 - New Spatial Expansion [NSE]

Das Muster NSX bezieht sich auf den Kontext von urbanen Innovationen, die in der Neuplanung von Gebieten oder Stadtteilen eingeführt werden. Allen Beispielen ist gemeinsam, dass ausreichend große Flächen der Stadterweiterung mit technischem Fortschritt kombiniert werden. Oft spielt zusätzlich die Interdisziplinarität von beteiligten Planern, Ingenieuren und Entscheidern eine weitere wesentliche Rolle.

Beispiel: Das für Masdar City in Dubai konzipierte PRT-Mobilitätssystem (auch wenn letztendlich gescheitert) konnte nur als 'Greenfield' ganzheitlich und anders als bisher geplant werden. Ein neues Quartier wie die Römerstadt in Frankfurt wurde 1932 die erste voll elektrifizierte Wohnsiedlung Deutschlands, weil keine technischen Abhängigkeiten vorlagen.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 18: Muster 7 - District as Laboratory [DAL]

Das Muster DAL beschreibt im Kern die Rolle von neu entstehenden oder im Umbau befindlichen Stadtquartieren als experimentelle Versuchs- und Erprobungslabore für die gesamte umliegende Stadt - quasi als 'pars pro toto'. Oft stellen sie baulich-infrastrukturelle Umsetzungen vorangehender oder aktueller Leitbilder oder Theorien dar, die auf technologischen und gesellschaftlichen Umbrüchen basieren (z.B. die autogerechte Stadt), und demonstrieren dezentrale Lösungen, die noch nicht 'kompatibel' sind mit der direkten Umgebung.

Beispiel: Dieses häufige Prinzip findet sich in der Geschichte urbaner Innovationen und Stadtentwicklung an vielen Stellen, beispielsweise Weissenhofsiedlung (Stuttgart, 1927), Metastadt (Wulfen, 1967), Ör-Hallonbergen (Stockholm, 1967), Vauban (Freiburg, 1998), Fujisawa Smart Town (2014) uvm.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 19: Muster 8: Modular Matroschka [MOM]

Das Muster MOM entstammt einem der Grundprinzipien des Erfindungssystems TRIZ ('Prinzip der Steckpuppe'). Dies beschreibt eine klassische Anwendung wiederkehrender Problem- und Lösungsbeschreibungen. Im urbanen Kontext übersetzt dies den Ansatz der nahtlosen Integration einzelner Subsysteme ineinander, d.h. eine Innovation lässt sich problemlos in/auf eine bestehende Struktur integrieren.

Beispiel: Moderne Beispiele hierfür sind (funktions)integrierte Lösungen wie urbane Dachgewächshäuser, modulare Umnutzungskonzepte für heutige Park- und Stellplätze (vgl. SFPark, San Francisco), Innenraumnutzungen (z.B. Packstationen im Einzelhandel) oder das Superblocks-Prinzip in Barcelona als räumliche Hochskalierung.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 20: Muster 9 - Innovation Culture + Agencies [ICA]

Das Muster ICA beschreibt wiederkehrende Ansätze, in denen zwei Aspekte meist in einer Wechselwirkung vorkommen und bestehen: zum einen eine offene urbane Innovationskultur, um ein förderliches Umfeld zu schaffen, zum anderen öffentlich-private oder informelle Innovationsagenturen als institutionelle Akteure mit einer politischen Missionsorientierung, sektorübergreifender Vernetzung, eigenen Budgets, Instrumenten und Organisationsstrukturen.

Beispiel: Neuere Beispiele hierfür sind das erste 'Public Innovation Center' (Boston, 2013), der erste Bitcoin-Kiez (Berlin, 2014) oder erste Daten-Dashboards (Amsterdam, 2014).

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 21: Muster 10 - Citizen Crowdfunding [CIC]

Das Muster CIC bezieht sich im wesentlichen auf das Aufkommen gesellschaftlicher Finanzierungsoptionen, um (Co-)Finanzierung für urbane Projektrealisierungen zu aktivieren. Damit stellen 'crowdfinanzierte' Infrastrukturen im urbanen System eine soziale Innovation dar, die neue Aspekte von Partizipation, Bedarfsorientierung und Nachhaltigkeit bei der Transformation von Städten aufweisen können.

Beispiel: Moderne Beispiele, die empirisch erfasst wurden, sind unter anderem temporäre Installationen (Bristol, 2014), Fahrradinfrastruktur (Rotterdam, 2015), großflächige PV-Anlagen (Lyon, 2019) bis hin zu kompletten Immobilienprojekten (Bogota, 2022). Auch historische Beispiele für Parks, Museen oder Krankenhäuser finden sich in der Literatur.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 22: Muster 11 - Power to the people [PTP]

Das Muster PTP beschreibt die Strategie in einer sehr frühen Phase die Gesellschaft einzubeziehen oder sogar direkt Innovationen aus der Gesellschaft zu ermöglichen bzw. zu fördern. Oft geht diesem Ansatz eine 'Aneignungs-' oder Experimentierphase voraus, in dem soziale oder technische Innovationen für einen gewissen Zeitraum geduldet oder getestet werden.

Beispiel: Ein umfangreiches Beispiel für dieses Muster war das Suwon Ecomobility Festival in 2013 in Südkorea mit über 5.000 Menschen, die einen Monat lang emissionsfrei mobil waren. Auch informelle Ansätze wie in Saint-Etienne zur Umgestaltung einer Brachfläche als öffentlicher Park oder Quartyard als gemeinschaftlicher Sozialraum in San Diego, USA, sind hier zuzuordnen. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 23: Muster 12: Political Leadership Expertise [PLX]

Das Muster PLE beschreibt die Relevanz von politisch wirkenden Entscheidungsträgern, die sich selbst fachlich mit Innovationen und deren Einführung befassen, entsprechende fachliche Kompetenz aufweisen oder als Visionäre ein klares strategisches Ziel verfolgen. Dabei stellen auch vorhandene Netzwerke mit der Wissenschaft oder Wirtschaft eine wichtige Bezugsgröße dar.

Beispiel: Ein historisches Beispiel hierfür sind die Brüder James und Arthur Hobrecht, der eine ab 1872 Oberbürgermeister von Berlin, der andere ab 1873 als Stadtbaurat Berlins für die Ausführung des Hobrecht-Plans mit Europas modernstem Kanalisationssystem zuständig. Weitere Ausprägungen sind Jaime Lerner, brasilianischer Stadtplaner und für 15 Jahre Bürgermeister der Stadt Curitiba. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 24: Muster 13: Local Science Push [LSP]

Das Muster LSP ist in mehreren Städten mit angewandt forschenden und wissenschaftlichen Institutionen aufzufinden. Es beschreibt die Einführung von Innovationen als 'Push' aus akademischem Erkenntnisinteresse, beispielsweise für die Entwicklung und Beforschung von neuen Infrastrukturen oder Dienstleistungen. Ein Merkmal ist die lokale Präsenz und Tätigkeit von Hochschulen oder Forschungseinrichtungen vor Ort, also in direkter Nähe.

Beispiel: Moderne Beispiele dafür sind das On-Demand-Mobilitätsangebot Kutsuplus in Helsinki, welches von der Informatikfakultät der Aalto Universität initiiert wurde, oder das Projekt First Mover in Berlin auf dem EUREF-Campus. Die Grenzen zum Muster Enterprise Innovation Push sind dabei zum Teil fließend, wenn Konsortien aus Wissenschaft und Wirtschaft kooperieren. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

Teil IV - Evaluation urbaner Innovationsmuster (14-25)

Die folgenden 12 Muster beschreiben weitere bewährte bzw. wiederkehrende Lösungsprinzipien sowie Rahmenbedingungen urbaner Innovationen in abstrahierter Form und wurden mittels empirischer Analysen aus über 1.600 Datenpunkten aus 118 Städten und 135 Innovationsprozessen formuliert.

Bitte bewerten Sie im Folgenden die Muster-Prototypen jeweils im Hinblick auf (A) Plausibilität, (B1) Signifikanz heute / (B2) in Zukunft und (C) Gestaltbarkeit.

[Dauer: ca. 10-12 min.]

Hinweis zu den Aspekten ff.:

- *Generell: Ihre Angaben sind skalierte Einschätzungen (von 0% - keine Zustimmung - bis 100% - volle Zustimmung). Wenn Sie eine Bewertung als schwierig empfinden, können Sie 'keine Angabe' angeben.*
- *A. Plausibilität: Die Texte sind nicht final und möglichst kompakt gehalten, sie sollen Ihnen nur eine grundsätzliche Vermittlung des Musters (mit unterschiedlichen Sub-Kriterien) darstellen. Dabei die reine Frage, ob Sie diese grundsätzliche Eigenschaften nachvollziehen können aus Ihrer Erfahrung zu urbanen Innovationen?*
- *B1. Signifikanz - heute: Im Kern geht es bei dieser Bewertung darum, ob das Muster rückblickend aus Ihrer Sicht relevant war für urbane Innovationen?*
- *B2. Signifikanz - Zukunft: Hier geht es um Ihre Einschätzung, ob Sie das Muster als relevant für zukünftige Innovationen erachten, z.B. für positive Veränderung hin zu Klimaneutralität, bei Digitalisierung, Verkehrswende etc.?*
- *C. Gestaltbarkeit: Muster können entweder eher als externe (statische) Einflüsse wirken oder auch lokal 'generiert' werden. Wie bewerten Sie somit für jedes Muster die Beeinflussung durch kommunale/lokale Akteure?*

→ Frage 25: Muster 14 - Enterprise Innovation Push [EIP]

Das Muster EIP basiert auf der Eigenschaft lokaler Unternehmen den eigenen Unternehmensstandort als dominantes Testfeld und zur Markteinführung neuer Produkte oder Dienstleistungen im urbanen System zu nutzen. Dabei ist von Bedeutung, welcher Bereich eines Unternehmens (z.B. Forschungsabteilung) vor Ort ansässig ist.

Beispiel: Bei car2go in Ulm war es die IT-Forschungsabteilung von Mercedes-Benz, also 80km entfernt vom Hauptsitz in Stuttgart, in Berlin entstand 1897 der erste U-Bahntunnel durch AEG für die Verbindung zweier Werke und in München 2003 die erste LED-Straßenbeleuchtung durch Osram am Hauptsitz.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 26: Muster 15 - Paradigm Shifting [PAS]

Das Muster PAS beschreibt die besondere Situation einer Innovation, die ein bahnbrechendes neues Prinzip demonstriert, was zuvor in Gesellschaft und Politik nicht wahrgenommen wurde. Dabei überwiegt der Neuheitsgrad und der Sensationscharakter einer Innovation, die hierdurch hohe Aufmerksamkeit erhält und oft ein Sinnbild für den technischen Fortschritt und Zukunftsorientierung einer Stadt darstellt.

Beispiel: Solche Muster machen etwas technisch möglich für die Allgemeinheit, was vorher unmöglich gesehen wurde, beispielsweise schneller als 20km/h fahren (Eisenbahn), über große Distanzen kommunizieren (Telegraf) oder nachts erleuchtete Straßen (Beleuchtung). Dazu gehören z.B. auch die ersten Seilbahnen im städtischen Kontext oder öffentliche Parks, die vorher nicht zugänglich waren.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 27: Muster 16 - Technology Evolution Anticipation [TEA]

In der Regel werden urbane Räume für den aktuellen Stand der Technik geplant und realisiert. Das Muster TEA berücksichtigt bereits in der Planung technologische Innovationen im Lebenszyklus, die erst in der Zukunft marktgängig sein werden. Damit besteht eine erhöhte Anpassungsfähigkeit bestehender Strukturen an Veränderungsprozesse oder sogar ein 'Überspringen' bestimmter Technologien (vgl. Leapfrogging).

Beispiel: Als historisches Beispiel auf Ebene der Masterplanung einer ganzen Stadt ist Barcelona bzw. Eixample zuzuordnen, wo bereits 1859 durch Ilfonso Cerdá abgekannte Blockstrukturen für die spätere Integration von ebenerdigen Straßenbahnen mit größeren Kurvenradien und erhöhte Geschwindigkeiten vorgesehen wurden - zwölf Jahre vor der Einführung der ersten motorgetriebenen Tram.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 28: Muster 17 - Familiar Re-Interpretation [FRI]

Viele urbane Innovationen basieren auf Komponenten, die bereits gesellschaftlich oder technisch etabliert sind - entweder zeitlich, gestalterisch oder anderem Kontext. Das Muster FRI fasst hierzu diejenigen Ansätze zusammen, die sich vorhandener Technologien oder Phänomene bedienen und kulturell vertraut (=familiär) sind. Prägend für dieses Muster ist das 'Erkennen' (Imitation) und 'Übersetzen' (Translation) der geeigneten etablierten Praktiken, Techniken oder Denkweisen.

Beispiel: Fallbeispiele sind u.a. die erste innerstädtische Seilbahn als öffentlicher Nahverkehr (Medellin, 2004), die auf vorangegangenen Erfahrungen mit kabelgebundenen Transportmitteln der dortigen Landwirtschaft aufbauen, die erste U-Bahn (London, 1863) mit etablierten Technologien des Bergbaus oder erste elektrische Straßenbeleuchtungen (Paris, 1878) im Design 'alter' Entwürfe von Gaslampen.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 29: Muster 18 - Old Legacy Detachment [OLD]

Das Muster OLD beschreibt die Situation, wenn sich eine urbane Innovation vorangegangene Flächen, Strukturen oder Abläufe als 'Vermächtnis' einer bestehenden Lösung zunutze macht und damit einen relativen Vorteil aufbauen kann für Innovation und Diffusion. Im Vordergrund steht hier das konkrete 'Ablösen' einer etablierten Infrastruktur durch urbane Innovationen und weniger die nachträgliche 'Integration'.

Beispiel: Ein historisches Beispiel hierfür ist das 'Schleifen' von Stadtmauern aufgrund veränderter Politik und Sicherheitsarchitekturen, auf dessen Trassen sich dann im großen Stil elektrische Straßenbahnen positionieren konnten. Ähnlich konnte sich NYC. Link als digitale Wifi-Kiosks auf den Flächen nicht mehr benötigter Telefonzellen in der New Yorker Innenstadt durchsetzen. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 30: Muster 19 - Start with Premium [SWP]

Das Muster SWP hat seine eigentlichen Ursprünge in anderen Konsumentenbranchen, lässt sich aber ebenfalls bei urbanen Innovationsprozessen wiederfinden. In der Automobilbranche werden neue Funktionen als Innovationen meist zuerst in den Oberklassefahrzeugen eingeführt, bevor sie später 'mainstream' und kostengünstiger für die breite Anwendung werden.

Beispiel: Im urbanen System gibt es hierzu zahlreiche Beispiele wie der erste Personenaufzug 1857 in einem Hotel am Broadway, die erste privilegierte Pferdebahn in Wien, die ersten Fahrradwege für elitäre Vereine ab 1880 (z.B. League of American Wheelmen) oder die erste mechanische Parkuhr vor Modegeschäften in der Innenstadt Oklahomas 1935.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 31: Muster 20 - One Zero Off [OZO]

Das Muster OZO ist zu großen Teilen auf die Entwicklungen von Curitiba in den Siebziger Jahren zurückzuführen - damals unter Jaime Lerner als Bürgermeister und fachkundigem

Stadtplaner. In dieser Zeit wurde die Stadt zu einem weltweiten Erfolgsbeispiel für gelungene Transformation und nachhaltige Entwicklung. Er prägte das Zitat: 'If you want creativity, take a zero off your budget. If you want sustainability, take off two zeros.'

Beispiel: Beispiele hierfür sind der Ausbau von Infrastruktur für Bus Rapid Transit (BRT) oder der Einsatz von Schafherden zur Bewirtschaftung städtischer Grünflächen. Im Kern geht es darum kreative und vor allem schnelle Lösungen für drängende Probleme zu finden, die erst durch reduzierte Budgets offensichtlich werden.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 32: Muster 21 - User experience first [UEF]

Das Muster UEF basiert auf Grundprinzipien der Produktgestaltung, welche alle Eindrücke und das Erlebnis eines Nutzers bei der Interaktion mit einem Produkt, Dienst, einer Umgebung oder Einrichtung umfasst. Nutzerzentriertes Design gilt dabei als ganzheitlicher Ansatz zur Gestaltung akzeptierter Stadtsysteme mit dem Ziel eine optimale 'User Experience' zu erreichen. Der Mehrwert für den Nutzer stellt dabei stets eine wichtige Einflussgröße für Innovation und Diffusion dar.

Beispiel: In der Vergangenheit gibt es mehrere Beispiele urbaner Innovationen, die von Anfang an das Nutzererlebnis - bewusst oder unbewusst - in den Vordergrund stellten: die erste vollktrifizierte Wohnsiedlung Römerstadt in Frankfurt oder historische Badeanstalten für ein neues Nutzererlebnis (für alle).

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 33: Muster 22 - Public-Private Innovation Partnership [PPI]

Das Muster PPI bezieht sich auf urbane Innovationen, die gemeinsam von beiden Sektoren (ggf. auch in Kombination von ziviler Co-Finanzierung) konzipiert, entwickelt und pilotiert werden. Erfolgreiche Kooperationen zwischen privatem Sektor und öffentlicher Hand gibt es bereits mehrere Jahrhunderte für Errichtung und Betrieb öffentlicher Infrastrukturen. Entscheidend für langfristigen Erfolg scheint die optimale Auslegung der Kooperationsdetails zwischen den Beteiligten.

Beispiele: Historische Beispiele hierfür sind die erste Straßenbahn als öffentlich-private Unternehmung (NYCseil, 1832) oder den ersten Radweg (NYC, 1894), ebenso das erste 'Freefloating Carsharing' (Ulm, 2008). Allerdings finden sich auch negative Beispiele dieses Musters für gescheiterte Innovationen, die als Anti-Muster definiert werden.

Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 34: Muster 23 - Urban Quality Improvement [UQI]

Das Muster UQI wurde im 'Pattern Mining' am häufigsten identifiziert und beschreibt den Fall bzw. das 'Versprechen', durch eine urbane Innovation eine deutliche und direkte Verbesserung der Lebensqualität in einer Stadt zu erreichen. Dies kann durch mehr Sicherheit, mehr Sauberkeit, mehr Attraktivität, besseren Verkehrsfluss, direktere Demokratie oder eine Vereinfachung im Alltag für die Bürgerschaft oder die Verwaltung erfolgen.

Beispiel: Beispiele hierzu sind ein kostenloser Nahverkehr (Hasselt, 1997) als Service-Innovation, die Einführung von Ampeln zur Erhöhung der Verkehrssicherheit (London, 1868) oder die ersten BRT (Bus Rapid Transit) zur Gewährleistung schneller Verkehrswege ohne PKW (Liegé, 1964). Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 35: Muster 24 - Combine two technologies [CTT]

In der Natur und Biologie entsteht Evolution meist durch zwei Faktoren, entweder durch Mutation oder durch Rekombination. Das Muster CTT für urbane Innovation bezieht sich dabei auf zweiteres und beschreibt positive Entwicklungen, die gezielt durch die Kombination zwei bereits vorhandener Basistechnologien eine Neuerung im Stadtsystem darstellen.

Beispiel: Beispielsweise wurde die erste U-Bahn der Welt (London, 1863) mit damaligen Technologien des Bergbaus (=Tunnelbauweise) und der oberirdischen Fortbewegung, der gerade dreißig Jahre alten Dampflokomotive 'konstruiert'. Das erste Abfallvakuum-sammelsystem in einem Wohnquartier (Stockholm, 1967) kombinierte vorige Technologien von zentralen Staubsaugsystemen mit moderner Gebäudetechnik aus Krankenhäusern. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 36: Muster 25 - Free Access for All [FAA]

Bei Geschäftsmodell-Innovationen (BMI) beschreibt das Freemium-Modell eine kostenlose Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung in eingeschränkter Funktion. Im Kontext urbaner Innovationen beschreibt das Muster FAA einen ähnlichen Ansatz, der allerdings weniger auf den einzelnen Nutzer, sondern mehr auf den Zugang für die gesamte Stadtgesellschaft abzielt. Generell beschreibt das Muster damit das Öffnen einer urbanen Innovation für die breite Masse in Verbindung mit kostenlosen oder sehr geringen Gebühren.

Beispiel: Als klassisches modernes Beispiel sind kostenloses W-LAN im öffentlichen Raum (Jerusalem, 2004) und fast alle Sharing-Angebote (=Zugang zu privaten Fahrzeugen) zu nennen, die ersten Packstationen als kostenlose Service-Innovation für Paketabholungen 24/7 (Dortmund, 2001) oder historisch die ersten Telefonzellen (New Haven, 1878) mit der Möglichkeit für alle Ferngespräche zu führen. Wie bewerten Sie nach dem Lesen und mit Ihrer Expertise die folgenden Aspekte?

→ Frage 37: Abschlussfrage (Freitext)

Mit Blick auf die 25 Muster-Prototypen zuvor - Fehlt Ihnen etwas? Gibt es aus Ihrer Sicht ein weiteres wiederkehrendes Lösungsprinzip, ein Erfolgsfaktor oder eine Randbedingung, welches eine hohe Relevanz für urbane Innovationen in Zukunft haben könnte?

_____ (Freitext 500 Zeichen)

15 Tabelle W - Auswertung Experten-Survey

Fragen 8-14

ID	8	9	10a	10b	10c	10d	10e	10f	12a	12b	12c	12d	13a	13b	13c	13d	14a	14b	14c	14d
1	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	2	3	1	4	3	4	3
2	2	4	5	3	4	5	3	4	5	4	4	4	4	4	4	1	2	2	4	3
3	2	4	5	-	4	5	4	4	5	4	3	4	4	4	3	2	3	2	3	4
4	4	5	4	5	5	4	5	5	-	-	-	-	3	5	5	5	5	5	5	5
5	4	4	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2	3	3	3
6	2	5	5	5	5	3	5	5	4	3	2	4	4	4	4	4	4	3	4	1
7	2	5	5	4	3	5	4	4	5	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3
8	3	3	5	4	5	5	5	5	1	2	3	3	3	1	3	3	2	2	3	2
9	2	4	-	-	-	-	-	-	5	3	3	5	5	4	4	3	3	5	5	2
10	3	5	4	5	4	5	4	4	5	4	3	3	4	4	4	3	4	3	4	4
11	3	4	4	3	5	-	3	3	4	4	2	1	5	4	5	5	5	5	5	4
12	2	4	5	3	3	3	2	2	4	3	2	2	5	3	4	2	4	3	4	4
13	3	4	2	1	3	3	1	2	4	3	3	2	5	4	3	-	4	2	4	1
14	3	4	4	2	4	5	5	4	5	5	3	4	5	5	5	4	4	4	5	3
15	3	3	4	-	3	3	3	3	4	3	3	4	5	4	4	5	5	4	4	5
16	4	3	-	-	-	-	-	-	2	1	2	3	3	4	5	2	-	-	-	-
17	2	3	4	2	3	3	1	3	4	2	1	3	3	2	4	3	3	2	4	4
18	0	5	2	5	3	5	-	3	5	3	1	0	5	5	5	4	5	5	5	2
19	3	3	4	2	2	2	4	3	4	4	2	2	4	4	3	2	4	4	4	4
20	2	5	4	1	2	1	1	2	5	4	4	4	5	3	5	5	5	3	3	2
21	3	4	5	4	4	3	4	2	5	4	4	3	5	4	5	2	5	3	4	2
22	4	5	5	3	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	3	3	3	5	3
23	2	5	5	5	4	4	5	4	5	3	4	4	5	4	5	4	3	3	4	3
24	0	5	5	5	3	3	5	4	4	4	1	3	4	4	5	1	5	3	5	5
25	0	5	4	4	5	4	3	-	5	2	1	1	4	4	4	3	5	5	5	3
26	3	4	5	4	4	3	5	5	4	4	3	3	5	5	5	3	5	4	4	4
27	2	5	5	4	4	5	5	5	5	4	3	3	5	4	5	2	4	2	4	4
28	3	5	5	4	4	5	3	3	4	3	4	4	5	3	4	4	5	2	2	2
29	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	5	5	5	2	2	2	2	2
30	0	5	5	5	5	4	4	5	5	3	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3
31	3	4	4	5	5	4	1	2	4	5	3	4	1	2	3	1	2	2	3	4
32	2	4	5	4	5	3	3	3	5	4	3	3	5	5	5	2	3	4	4	4
33	3	5	5	3	3	5	3	4	5	3	2	1	5	4	5	4	3	2	4	3
34	2	1	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	5	4	4	4	3	3	-	
35	2	4	4	5	5	3	2	4	2	1	1	3	4	5	5	3	3	4	2	1
36	3	4	1	2	4	-	4	2	4	2	1	2	5	4	4	5	4	3	4	3
37	3	5	5	5	5	5	3	3	5	4	5	4	5	5	5	3	4	5	5	5
38	3	5	4	5	4	4	3	4	4	4	4	3	5	5	5	3	4	3	3	2
39	2	4	4	5	4	4	5	4	5	4	3	3	4	3	4	2	-	-	-	-
40	3	5	5	4	3	3	2	4	4	4	3	2	5	1	4	2	5	2	4	4
41	3	5	4	5	5	3	2	2	5	3	3	3	5	4	5	4	3	4	4	3
42	3	4	5	5	5	5	4	3	4	3	4	4	4	3	4	2	3	2	2	2
43	4	5	3	2	4	4	2	3	4	2	1	4	5	4	4	4	3	3	4	1
44	3	4	3	4	4	4	3	3	5	4	4	3	5	3	4	4	4	3	4	4
45	3	5	5	3	5	3	3	4	4	5	5	4	5	5	4	3	3	3	4	4
46	3	5	3	3	5	5	3	3	4	3	3	4	5	5	5	4	4	3	4	4
47	2	4	3	2	2	3	1	2	4	5	5	4	4	4	5	5	3	2	2	1
48	3	2	5	3	4	5	2	2	1	1	1	1	3	2	-	2	3	3	3	4
49	2	4	4	5	5	5	4	3	5	1	2	3	5	1	3	4	3	1	2	3
50	2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	3	2	4	4
51	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5	3	3	3
∅	2,53	4,27	4,20	3,74	4,02	3,91	3,35	3,48	4,26	3,38	2,86	3,24	4,39	3,80	4,30	3,14	3,67	3,10	3,77	3,10

Fragen 15-19

ID	15a	15b	15c	15d	16a	16b	16c	16d	17a	17b	17c	17d	18a	18b	18c	18d	19a	19b	19c	19d
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	3	2	4	4	4	2	4	4	4	3	4	4	4	3	4	-	4	2	2	4
3	3	3	2	2	4	2	3	2	4	3	2	3	4	3	4	4	3	2	3	3
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	1	1	2	1	2	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	2	3	2	2	2
6	3	2	2	0	3	2	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3
7	3	2	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	2	4	3	4	1	4	3
8	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2	2	2
9	2	4	4	3	4	2	4	3	4	4	2	2	4	3	3	5	4	2	4	3
10	3	1	1	1	3	1	1	0	3	2	2	3	4	3	4	4	3	2	2	2
11	4	3	5	5	4	-	-	2	5	4	3	5	5	-	5	5	5	5	5	5
12	4	3	4	2	2	2	2	1	4	2	2	1	4	4	4	3	4	3	4	2
13	4	4	4	1	3	2	4	4	3	3	4	4	3	2	4	4	2	1	4	4
14	3	2	2	2	2	2	2	1	5	4	2	5	5	3	3	5	1	3	3	3
15	4	5	5	2	3	5	5	1	4	5	5	4	5	3	3	3	2	1	2	1
16	2	2	5	1	1	1	1	0	4	3	1	5	3	2	4	5	4	4	5	1
17	4	3	2	3	4	2	0	1	3	1	2	3	4	2	1	3	3	1	3	4
18	3	-	5	3	5	5	5	4	5	3	3	4	5	4	5	4	5	5	5	5
19	4	4	4	4	2	3	2	1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3
20	5	2	4	1	4	1	2	2	5	1	4	2	5	1	4	3	5	2	5	4
21	3	3	3	3	4	5	4	3	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5
22	2	2	3	2	3	2	2	2	5	5	5	5	5	4	5	5	4	3	5	5
23	5	3	3	3	4	3	3	2	5	2	4	5	5	3	5	5	4	3	4	4
24	4	3	3	3	4	3	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3
25	3	3	3	2	5	5	5	4	5	5	4	3	5	4	5	4	5	5	5	4
26	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	2	4	4	3	3	5	5	4	4	4
27	5	2	3	4	5	3	2	5	5	2	2	5	5	5	5	4	5	3	5	4
28	5	4	3	3	5	3	3	4	5	3	4	4	5	4	4	4	5	2	4	4
29	3	3	3	4	4	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	5
30	4	4	4	4	5	4	5	5	5	4	5	3	4	4	5	5	3	3	3	4
31	2	3	3	3	4	3	5	2	3	3	1	3	4	3	5	4	3	2	4	3
32	4	3	4	1	4	4	4	1	5	3	2	2	5	3	4	4	3	3	4	1
33	3	1	2	5	5	3	2	4	5	2	1	5	5	4	5	4	4	1	3	4
34	3	3	3	3	4	4	4	4	4	-	-	4	4	4	4	4	2	2	1	4
35	5	2	3	2	4	5	5	1	4	1	0	0	5	2	3	4	5	2	5	3
36	4	1	4	4	4	2	4	3	5	3	4	5	5	2	4	5	2	1	3	3
37	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	5	5	5	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	5	5	5	3
39	4	2	3	2	3	1	1	1	4	2	1	4	4	2	3	4	4	3	4	4
40	4	3	3	3	3	1	3	1	5	1	3	2	4	3	5	5	4	3	4	4
41	3	-	-	2	4	3	3	2	4	2	2	3	5	4	5	4	2	-	-	-
42	2	2	2	1	3	2	3	3	3	2	4	4	3	3	4	3	3	3	4	2
43	-	-	-	-	5	3	3	1	4	2	3	4	5	4	5	5	3	2	3	3
44	4	3	4	4	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	5	4	3	4	5
45	4	3	4	3	4	2	3	4	4	4	5	4	5	5	5	4	2	2	3	4
46	5	5	4	4	3	1	4	1	4	1	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5
47	4	1	1	3	4	2	1	1	5	3	5	4	4	3	3	5	5	2	4	3
48	3	4	2	4	1	2	2	3	5	5	4	4	4	3	4	4	2	2	3	2
49	4	2	4	4	5	2	2	3	5	2	2	2	4	2	3	4	3	1	2	2
50	5	5	5	5	5	3	5	2	5	3	3	4	5	3	5	5	5	3	3	4
51	5	3	3	3	3	2	2	2	4	3	2	2	4	4	4	4	4	2	2	2
∅	3,66	2,94	3,39	2,80	3,71	2,80	3,20	2,63	4,29	3,06	3,08	3,61	4,37	3,42	4,14	4,18	3,71	2,76	3,72	3,42

Fragen 20-24

ID	20a	20b	20c	20d	21a	21b	21c	21d	22a	22b	22c	22d	23a	23b	23c	23d	24a	24b	24c	24d
1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2	3	2	2	3	4	1	4	3	3	1	4	-	4	3	4	2	4	2	4	2
3	2	2	3	3	2	1	2	2	3	2	4	3	4	1	4	1	4	2	4	4
4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1	2	1	1	3	2	3	3	2	1	1	2	3	2	2	2	3	3	3	2
6	3	2	3	3	2	2	3	1	4	3	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4
7	2	2	2	1	4	1	4	4	4	2	4	3	5	4	3	2	5	2	5	4
8	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	1	2	3	3	3	2	3	1	-	-	-	-	5	5	5	3	4	1	1	3
10	4	3	4	3	4	1	2	2	3	1	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	3	4	2	5	5	5	4	4	2	3	3	3	2	2	3	5	3	5	4
12	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	4	2	2	1	4	3	4	2
13	4	3	4	5	4	1	2	2	4	3	5	3	4	1	3	4	5	3	4	2
14	2	2	2	4	5	1	3	2	1	2	2	2	5	4	5	4	4	4	5	4
15	2	1	1	1	4	2	2	4	3	2	2	1	5	5	5	4	4	3	3	2
16	1	1	1	2	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	0	5	0	0	0	1
17	3	1	2	2	3	2	3	3	3	1	2	3	4	1	2	2	3	2	1	2
18	5	4	5	5	5	2	4	5	4	3	3	3	5	3	5	4	5	3	3	4
19	3	3	3	3	4	3	3	2	4	3	4	4	5	5	5	5	4	3	3	2
20	5	1	4	5	5	1	1	0	5	1	2	3	5	4	4	5	5	1	1	1
21	5	4	5	4	4	2	4	3	5	3	4	3	5	4	5	5	5	4	4	3
22	2	2	3	1	3	4	5	3	4	3	4	3	5	3	4	3	4	4	5	3
23	4	2	4	4	5	2	4	4	4	2	3	3	4	2	3	3	5	2	4	4
24	5	5	5	4	3	3	4	2	4	4	4	1	4	4	5	5	4	3	3	4
25	5	5	5	4	3	3	-	4	4	4	5	4	5	5	5	2	4	3	3	2
26	2	2	3	3	5	4	4	3	2	2	2	2	5	5	5	4	4	4	4	3
27	4	3	4	4	4	1	3	3	5	1	3	4	5	1	3	0	5	3	2	2
28	4	2	4	3	5	3	4	4	5	2	2	2	5	3	4	4	5	3	4	4
29	4	3	4	3	2	2	2	2	4	4	4	2	5	5	5	5	5	5	5	3
30	4	4	3	3	5	3	4	1	5	5	5	3	4	4	2	3	2	2	2	1
31	1	1	2	2	4	1	1	2	5	2	4	4	5	2	4	5	3	1	2	2
32	3	2	3	4	3	1	3	2	4	2	4	4	4	3	4	1	4	2	5	2
33	4	3	3	4	5	1	2	2	5	2	2	2	5	3	4	3	5	3	3	3
35	2	1	1	0	5	2	3	2	3	1	2	2	4	1	1	1	4	2	2	1
36	3	1	3	3	5	2	4	5	5	1	5	5	4	3	3	4	4	2	4	3
37	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
38	4	3	3	2	3	1	1	1	3	2	2	2	4	3	3	3	4	2	2	1
39	3	1	2	1	4	1	3	2	3	1	3	1	4	4	2	4	4	2	4	2
40	3	2	3	1	4	0	3	1	2	2	2	2	5	4	2	4	3	2	3	2
41	3	2	3	4	3	2	3	1	4	3	4	2	5	4	4	4	5	2	3	1
42	2	2	3	3	3	1	2	2	3	2	4	3	3	2	2	2	2	2	3	4
43	3	2	2	3	4	2	3	3	4	1	2	2	3	1	1	1	5	1	1	1
44	4	2	3	3	4	4	5	5	5	3	5	5	5	3	4	3	5	3	5	4
45	5	3	5	4	4	1	2	4	3	1	2	4	5	4	4	4	5	2	3	4
46	4	4	4	4	4	2	2	2	5	1	1	1	5	4	4	4	4	2	2	2
47	2	-	-	-	5	2	4	3	5	1	2	0	5	3	4	3	5	1	2	1
48	2	1	2	1	3	2	4	3	3	2	2	1	2	3	1	4	4	2	3	5
49	5	2	4	4	4	1	1	1	4	1	1	2	4	2	1	2	5	2	3	2
50	5	4	5	3	5	2	4	3	5	2	3	3	5	5	5	5	5	4	4	3
51	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	5	4	4	4	3	2	2	2
∅	3,24	2,44	3,10	2,92	3,88	2,18	3,16	2,71	3,78	2,29	3,12	2,81	4,36	3,31	3,47	3,33	4,12	2,61	3,27	2,71

Fragen 25-29

ID	25a	25b	25c	25d	26a	26b	26c	26d	27a	27b	27c	27d	28a	28b	28c	28d	29a	29b	29c	29d
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	3	4	3	3	3	4	1	4	3	4	5	4	4	4	5	3	2	3	4
3	5	3	3	3	3	3	2	2	4	1	5	4	3	4	2	3	4	2	3	2
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	4	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3	2	2	3	2
6	4	4	4	4	5	5	5	3	5	5	5	5	3	3	3	2	4	2	2	5
7	5	2	4	4	5	3	5	2	5	2	5	2	5	2	5	3	4	2	4	3
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	4	3	2	2	4	1	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
10	4	3	3	4	3	2	2	2	4	3	4	3	4	2	2	2	3	2	2	2
11	4	3	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	2	2	5	5	5	5	5
12	4	3	4	3	3	2	4	3	3	2	3	4	2	2	2	4	4	2	4	4
13	4	1	3	2	4	2	3	1	4	1	4	4	5	4	3	3	2	3	2	2
14	5	4	5	3	4	4	5	3	5	3	4	4	2	3	3	2	3	2	3	3
15	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	2
16	2	2	1	0	4	4	5	0	3	2	0	5	3	2	1	3	2	2	2	5
17	3	1	1	0	3	1	1	2	3	1	2	2	4	1	1	3	4	1	1	3
18	5	4	4	4	4	5	5	2	4	2	4	5	5	5	5	5	4	3	5	5
19	5	4	5	3	5	5	5	5	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	2	3
20	5	2	5	5	5	1	2	2	5	1	4	5	5	2	4	5	5	1	1	2
21	5	4	4	2	3	3	3	3	5	3	4	3	4	4	3	3	4	3	2	4
22	4	4	4	2	4	3	4	3	4	5	5	2	4	4	5	3	3	3	4	3
23	5	3	3	2	5	3	5	4	5	2	5	4	5	4	4	4	4	3	3	3
24	4	4	4	2	5	4	5	3	4	3	4	5	4	3	4	4	3	3	4	3
25	5	4	5	3	4	3	3	3	4	3	4	3	5	4	4	4	4	4	5	4
26	2	2	2	4	3	2	3	4	5	3	3	5	5	4	4	4	4	2	1	3
27	5	2	2	2	4	4	4	1	4	2	4	1	5	3	2	2	4	2	4	3
28	5	3	4	4	5	3	4	4	5	2	4	4	5	3	4	4	5	2	4	4
29	4	4	4	1	4	2	2	2	4	2	2	2	4	3	4	4	4	4	4	4
30	3	2	2	0	4	3	2	0	4	4	3	1	5	3	4	4	3	2	2	2
31	4	2	4	3	4	1	3	4	4	1	3	4	0	1	1	-	1	1	0	0
32	4	4	4	2	2	2	-	1	4	3	4	3	5	2	3	1	3	3	3	1
33	5	3	3	2	4	1	3	4	5	2	4	5	5	1	1	3	4	1	3	4
34	4	4	4	4	3	3	3	3	4	-	-	2	-	-	-	4	-	-	-	-
35	5	4	4	2	3	1	1	0	3	2	4	2	4	3	2	3	4	2	5	4
36	4	2	3	1	4	2	4	2	5	3	4	4	3	3	4	3	3	2	4	2
37	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
38	3	1	1	1	5	3	3	1	4	2	2	2	5	4	4	2	4	4	4	3
39	4	3	3	2	4	2	2	1	4	2	4	4	3	1	1	3	2	1	2	-
40	1	2	1	0	4	2	4	0	1	1	1	0	3	1	3	0	5	3	4	4
41	5	3	3	2	5	4	4	2	5	3	4	4	4	4	4	4	3	2	3	4
42	4	2	3	2	4	2	3	1	4	3	4	3	3	3	3	3	1	1	2	2
43	4	2	2	0	5	2	1	0	2	0	0	1	4	2	3	3	4	2	2	1
44	5	4	4	3	5	4	4	4	5	3	5	4	5	5	3	4	4	4	5	5
45	5	2	2	0	4	3	2	3	4	1	2	3	4	2	2	4	2	1	2	-
46	4	2	2	2	5	4	3	2	5	3	4	3	5	5	3	4	4	4	4	4
47	5	1	1	0	3	-	-	-	5	1	3	5	5	1	3	4	4	1	2	3
48	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	2	2	3	3	1	1	2	2
49	4	2	2	1	4	1	1	0	4	2	3	2	4	1	1	1	4	1	1	2
50	5	4	4	3	5	2	4	4	5	1	5	5	5	3	4	5	3	-	-	-
51	4	2	2	4	5	4	4	4	5	2	1	3	4	3	2	4	5	3	2	4
∅	4,24	2,96	3,24	2,47	4,12	2,98	3,47	2,46	4,22	2,56	3,60	3,52	3,98	2,98	3,15	3,38	3,57	2,47	2,94	3,13

Fragen 30-34

ID	30a	30b	30c	30d	31a	31b	31c	31d	32a	32b	32c	32d	33a	33b	33c	33d	34a	34b	34c	34d
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	2	2	2	4	2	4	3	4	3	4	2	4	2	5	5	4	3	2	2
3	4	4	2	3	3	2	4	4	4	3	5	4	3	3	3	4	4	2	4	4
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2	2	3	2	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	2	2	2	3	3	4
6	5	4	3	2	3	2	2	2	5	4	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4
7	5	5	2	2	5	2	5	3	4	2	4	4	5	2	5	4	5	3	5	4
8	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3
9	3	2	1	2	4	2	4	3	5	2	5	4	2	2	2	2	4	2	4	3
10	4	1	1	2	3	2	2	2	3	2	3	2	4	4	4	4	3	2	2	2
11	4	2	2	4	4	4	4	5	4	3	5	4	4	3	3	3	5	3	5	4
12	2	1	1	3	3	2	2	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4
13	3	2	2	1	2	4	3	-	3	2	4	4	4	5	3	4	3	1	4	4
14	4	3	2	3	4	3	4	4	1	2	3	4	4	3	3	2	4	4	5	3
15	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	3	1	4	3	3	2
16	2	2	2	2	5	1	5	5	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	4	1	2	2	3	2	1	2	3	1	2	3	4	3	2	1	3	1	2	3
18	5	5	5	2	3	-	-	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
19	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4
20	5	0	1	1	0	-	-	-	0	-	-	-	5	2	5	5	5	4	4	5
21	5	3	2	3	3	3	3	4	5	4	5	3	5	5	5	4	5	4	5	5
22	2	2	3	1	5	3	5	4	2	2	3	2	3	3	4	2	5	5	5	4
23	5	4	3	3	5	2	4	4	5	2	4	3	5	2	4	4	5	3	5	4
24	4	3	3	2	2	2	1	3	4	4	5	5	5	3	5	5	5	4	5	4
25	5	4	3	4	5	4	5	4	5	3	5	5	5	4	4	4	3	4	5	3
26	4	4	4	2	5	3	4	2	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	2
27	5	2	1	1	5	2	5	2	4	3	3	3	4	3	4	3	5	4	5	5
28	5	3	2	2	5	2	4	4	4	2	4	4	5	2	4	3	5	2	4	4
29	5	5	4	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	4	4
30	3	2	2	1	5	5	4	5	4	4	5	4	3	2	2	0	3	3	3	3
31	4	3	4	1	2	1	1	2	3	2	3	1	3	2	4	3	4	3	5	4
32	4	3	3	2	2	-	-	2	2	2	3	3	5	3	4	2	4	4	4	3
33	5	3	4	1	5	0	1	5	5	2	4	3	5	2	4	3	5	3	4	5
34	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	5	4	2	1	2	1	4	2	4	2	3	2	5	4	2	3	5	2	4	4
36	4	2	2	1	5	3	5	4	3	2	2	1	5	2	4	0	1	-	-	-
37	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	4	3	3	3	4	2	2	2	5	3	4	3	4	3	3	3	5	3	3	3
39	2	3	2	2	1	1	-	-	2	1	3	2	4	2	4	4	4	1	3	3
40	1	0	1	3	4	2	5	5	1	2	3	3	4	4	5	1	3	1	4	2
41	4	3	2	4	3	3	3	5	4	3	4	3	4	2	3	2	5	4	5	5
42	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4
43	4	1	2	3	4	3	5	4	5	1	3	3	5	2	4	3	3	2	2	3
44	5	5	4	2	5	3	5	5	3	3	4	4	4	3	4	3	5	5	5	4
45	4	1	3	2	3	1	2	1	5	3	4	4	4	1	2	4	3	-	-	3
46	4	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	5	4	3	2	5	0	1	3	5	1	2	3	4	1	2	2	5	1	3	3
48	5	4	4	4	3	4	3	4	3	5	5	5	4	3	5	4	3	5	5	5
49	5	2	2	3	3	1	1	3	3	2	2	3	4	2	2	2	4	2	3	4
50	5	2	3	4	4	3	4	4	5	1	5	5	5	3	5	5	5	3	4	5
51	4	3	2	4	4	2	2	4	4	4	3	4	4	3	3	4	5	3	2	4
∅	4,04	2,88	2,65	2,47	3,66	2,49	3,38	3,51	3,69	2,70	3,81	3,40	4,04	2,82	3,57	3,06	3,94	3,09	3,78	3,66

Fragen 35-36; 1-4

ID	35a	35b	35c	35d	36a	36b	36c	36d	1	2	3	4	Zeitpunkt (MDY)
1	5	5	5	5	5	5	5	5	Wissenschaft	11-20	5	ja	11.15.22 21:20:37
2	4	2	4	4	2	3	4	5	Wissenschaft	1-5	4	unsicher	11.16.22 9:04:56
3	3	2	4	4	2	3	4	2	Wissenschaft	6-10	4	ja	11.16.22 16:26:33
4	-	-	-	-	-	-	-	-	Wissenschaft	1-5	4	ja	11.16.22 17:44:01
5	4	3	3	4	3	3	3	4	Wissenschaft	11-20	5	ja	11.16.22 18:41:50
6	3	3	3	4	1	3	3	5	Wissenschaft	11-20	6	ja	11.17.22 9:08:18
7	5	2	5	5	2	3	5	4	Wissenschaft	1-5	5	ja	11.18.22 17:07:46
8	2	2	2	2	2	3	3	2	Wissenschaft	11-20	4	ja	11.18.22 8:56:44
9	2	2	2	1	2	2	-	2	Wirtschaft	11-20	5	ja	11.20.22 13:18:05
10	3	2	2	4	1	3	4	3	Wirtschaft	1-5	3	nein	11.20.22 14:10:22
11	5	2	4	5	4	4	5	5	Wissenschaft	6-10	4	ja	11.20.22 14:30:20
12	3	2	3	4	2	3	4	3	Wissenschaft	keine	2	nein	11.20.22 14:15:59
13	4	1	1	2	1	0	2	3	Wirtschaft	21-49	5	ja	11.20.22 15:51:36
14	1	3	3	4	2	2	4	4	Wirtschaft	1-5	4	ja	11.20.22 21:32:59
15	4	5	5	5	3	5	4	5	Wirtschaft	6-10	4	unsicher	11.20.22 15:32:39
16	3	3	4	0	0	0	0	0	Wirtschaft	>50	5	ja	11.21.22 6:24:52
17	3	1	1	4	3	1	3	2	Wissenschaft	1-5	2	ja	11.21.22 8:23:53
18	4	5	5	5	3	3	5	5	Wissenschaft	1-5	3	ja	11.21.22 8:40:54
19	3	3	3	4	3	4	3	4	Wirtschaft	21-49	5	unsicher	11.21.22 9:17:17
20	5	2	4	5	0	2	4	5	Wirtschaft	1-5	5	ja	11.21.22 9:13:45
21	5	3	4	4	4	3	4	3	Wirtschaft	6-10	5	ja	11.21.22 9:25:19
22	3	3	3	4	2	5	5	4	Verwaltung	11-20	5	ja	11.21.22 13:34:21
23	4	3	3	5	3	2	4	3	Wissenschaft	1-5	4	ja	11.22.22 8:10:20
24	4	3	5	5	5	4	5	3	Verwaltung	6-10	5	ja	11.22.22 10:22:18
25	5	4	5	5	2	5	5	4	Wissenschaft	6-10	5	ja	11.22.22 9:30:23
26	2	2	2	3	1	3	3	2	Wissenschaft	>50	5	ja	11.22.22 13:32:30
27	5	4	4	5	3	4	2	4	Wissenschaft	6-10	4	ja	11.22.22 19:55:05
28	5	2	4	5	4	2	3	3	Verwaltung	>50	6	ja	11.23.22 17:47:36
29	3	3	3	5	3	5	5	2	Verwaltung	1-5	4	ja	11.23.22 20:10:24
30	4	4	4	4	3	3	2	4	Wissenschaft	6-10	4	ja	11.25.22 16:43:26
31	3	1	3	4	2	2	4	3	Wissenschaft	6-10	4	ja	11.27.22 10:10:39
32	2	3	3	3	1	2	3	4	Wissenschaft	11-20	5	ja	11.27.22 21:03:10
33	4	3	4	5	1	2	3	2	Wirtschaft	>50	6	ja	11.27.22 21:59:31
34	3	-	-	3	-	-	-	-	Wirtschaft	6-10	5	ja	11.27.22 23:08:28
35	3	2	3	4	1	1	3	4	Wissenschaft	1-5	2	unsicher	11.28.22 11:35:27
36	4	4	5	5	2	4	4	4	Wissenschaft	1-5	2	nein	11.29.22 10:44:07
37	5	5	5	5	4	5	5	5	Verwaltung	1-5	5	ja	11.29.22 15:15:01
38	5	4	4	4	2	3	3	3	Wissenschaft	11-20	5	unsicher	11.30.22 17:13:32
39	2	-	-	3	-	3	-	-	Wissenschaft	1-5	3	ja	12.2.22 9:20:52
40	4	1	2	4	0	2	4	2	Wissenschaft	1-5	3	ja	12.5.22 15:37:44
41	5	4	4	4	4	2	4	2	Wissenschaft	11-20	5	unsicher	12.5.22 20:27:47
42	4	3	4	4	3	3	4	4	Wissenschaft	1-5	3	ja	12.6.22 16:42:48
43	5	3	3	4	3	2	4	4	Wissenschaft	21-49	5	ja	12.8.22 12:28:56
44	4	3	4	5	3	4	4	4	Wissenschaft	1-5	4	unsicher	12.10.22 18:28:12
45	4	3	4	4	3	3	3	3	Verwaltung	21-49	6	ja	12.10.22 22:28:03
46	-	-	-	-	-	-	-	-	Wissenschaft	>50	3	ja	12.11.22 16:24:05
47	5	1	3	5	3	4	4	4	Wissenschaft	1-5	4	ja	12.11.22 20:31:40
48	2	2	4	4	3	4	2	5	Wirtschaft	1-5	4	unsicher	12.9.22 16:09:15
49	5	3	3	4	1	2	4	4	Wissenschaft	6-10	5	ja	12.12.22 9:54:07
50	4	4	4	5	5	1	5	5	Wissenschaft	1-5	4	ja	12.12.22 13:14:19
51	5	3	4	5	4	3	4	4	Verwaltung	1-5	6	ja	12.13.22 17:43:46
∅	3,76	2,83	3,53	4,08	2,41	2,92	3,70	3,53			4,31		

16 Tabelle X - Checkliste für Anwendungsfall Stuttgart

#	Muster	Maßnahme / Ableitung (lokale Interpretation der Muster)	mögliche alternative Maßnahme (Variante)	Nutzenbewertung N (0-5)	Gewichtung G (0-3)	Summe (N * G)
1	SET	Ausstellungsjahr der IBA Region Stuttgart 2027 als großen Meilenstein planen	Einsatz während Spielen der Fußball-EM in 2024	hoch (4)	2	8
2	DWC	Anstehende Einschränkungen im Nahverkehr (Umbau Stammstrecken, Baustellen, ...) im Sommer 2023 proaktiv begegnen		mittel (3)	1	3
3	PDR	Experimentierklauseln schaffen mit vorgezogenem Erprobungsrecht (außerhalb heutigem PBefG)	vgl. EIP - Nutzung privater Flächen mit anderer Regulierung	mittel (3)	3	9
4	CPO	gezielt Anwendung auf Mehrwert im Testfeld (schlechte Anbindung, hohe Frequenz/Tag) ausrichten				
5	BAN	(privates) Unternehmensgelände als Experimentierfeld nutzen		sehr hoch (5)	2	10
6	NSE	Innovation strategisch in Masterplanung von neuem Rosensteinquartier integrieren (vorrüsten)		gering (2)	...	
7	DAL	Waldebene Ost (hohe Frequenz, schlechte Anbindung) als erlebbares Testfeld nutzen		sehr hoch	...	
8	MOM	Einbettung der Innovation in ÖPNV-Gesamtsystem (nach oben), z.B. Taktung und Abdeckung	vgl. OLD - Passfähigkeit der Innovation für bestehende Parkräume	hoch		
9	ULQ	Frühzeitige Maßnahmenbilanzierung für Staureduktion und zB mehr Sicherheit im Straßenverkehr (Vision Zero)		mittel		
10	ICA	Aufbau eines Co-Innovationsprozess mit interessierten Bürgern (vgl. Bürgerrat) und Anlaufstelle für Sichtbarkeit und Information		...		
11	CIC	Crowdfunding-Aufruf für Mitbeteiligung und erste Jahresabos (z.B. 1 Jahr für halben Preis nutzen)	...	...	...	...
12	PTP	(nutzerzentrierter) Großversuch mit Bewohnern in einem Stadtquartier einplanen				
13	PLX	Sensibilisierung und Überzeugung des OB für das Thema				
14	LSP	frühzeitige Kooperation mit Universität und angewandter Forschung				
15	EIP	Kooperation mit lokalen OEMs (z.B. Bosch zu Sensorik und SSB Flex zur Integration)				
16	PAS	Erlebnis auf fahrerlose Mobilität und klare Differenzierung zu 'klassischem' ÖPNV fokussieren				
...	...					

16 Tabelle X - Checkliste für Anwendungsfall Stuttgart

#	Muster	Maßnahme / Ableitung	mögl. alternative Maßnahme	Nutzenbewertung N (0-5)	Gewichtung G (0-3)	Summe (N*G)
17	TEA	bereits weiterführende Konzepte (z.B. Kombination mit Warentransport) berücksichtigen	Evolution von bestehendem SSB-Flex-Angebot (on-Demand) mit bedenken			
18	CTT	Autonomes Shuttle mit Sensorik für '3D-Scanning' für digitalen Stadtwilling erweitern				
19	FRI	Design-Ansätze bekannter ÖPNV-Angebote (z.B. alte Tram) gezielt übernehmen				
20	OLD	Rückbau von Parkplätzen in Innenstadt durch neue (virtuelle) Haltestellen kompensieren	vgl. FRI - 'Revival' der alten Tram-Linie als schienengebundenes autonomes Shuttle			
21	SWP	gezielt VIP-Angebot mit hoher Sichtbarkeit (und prominenten Fürsprechern, z.B. Vincent Klink) lancieren				
22	OZO	'Schwäbischen' Ansatz mit Sparsamkeit und agilem Prototyping in frühen Projektphasen übernehmen (=lernender Ansatz)	vgl. PPI - kooperative Investitionen mit Partnern			
23	UEF	gezielt Nutzertests (z.B. Schülergruppen) als 'Botschafter' einplanen				
24	PPI	Kooperation zwischen Nahverkehrsanbieter, Stadtverwaltung und 2-3 großen Unternehmen etablieren				
25	FAA	Geschäftsmodell für möglichst kostengünstigen und barrierefreien Zugang				
26	UIA	Auseinandersetzung mit anderen Anwendungen weltweit (entlang der Muster)				
27	LOP	s. o.				
28	NYX	s. o.				
29	MUS	s. o.				
30	SFG	s. o.				
31	SMA	ggf. Ansätze aus benachbarten Kleinstädten (Waiblingen) übernehmen und kommunizieren				
32	LFI	frühzeitig den Rechtsrahmen in Konzeption, Pilotierung und Skalierung 'mitdenken'				
33	STS	vgl. SWP, FAA, PAS, CIC, PTP				
34	SVP	auf sozio-technische Reife des Produkts achten, vgl. TEA				
35	MUI	vgl. MOM				

17 Übersicht verwendeter Software und Werkzeuge

Overleaf v2

Overleaf ist ein kollaborativer, cloudbasierter LaTeX-Editor für das Schreiben, Bearbeiten und Veröffentlichen wissenschaftlicher Dokumente. Overleaf arbeitet mit einer Vielzahl wissenschaftlicher Verlage zusammen, um offizielle LaTeX-Vorlagen für Zeitschriften und direkte Links für die Einreichung von Beiträgen bereitzustellen. Mit Overleaf wurde die gesamte schriftliche Dokumentation und Strukturierung der Forschungsarbeiten durchgeführt. → Link: www.overleaf.com/

KNIME 4.6

KNIME ('Konstanz Information Miner') ist eine Open-Source-Software für die interaktive Datenanalyse, die durch ein modulares Pipelining-Konzept die Integration unterschiedlicher Verfahren des maschinellen Lernens und des Data-Mining ermöglicht. Die graphische Benutzeroberfläche ermöglicht das einfache Aneinandersetzen von Modulen für die ETL-Datenvorverarbeitung, der Modellierung, Analyse und der Visualisierung. Hiermit wurden die explorativen Datenmodellierungen durchgeführt, teilweise wurden externe Javascript-Plugins (D3) eingebunden. → Link: www.knime.com/

Lucidchart

Lucidchart ist eine webbasierte Anwendung zur Erstellung von vektorbasierten und annotierten UML-Schaubildern und Diagrammen, die es den Nutzern ermöglicht, gemeinsam Diagramme zu zeichnen, zu überarbeiten und auszutauschen, um Prozesse, Systeme und Organisationsstrukturen zu verbessern. Dabei besteht eine direkte API-Integration mit Microsoft- und Google-Produkten. Hiermit wurden die Grafiken und Schaubilder erstellt und gestaltet, die bestimmte Prozessabläufe und -strukturen im Forschungsprozess visualisieren. → Link: www.lucidchart.com/

yEd Graph Editor 3.2

yEd ist ein grafisches Visualisierungsprogramm zum Erstellen und Bearbeiten von XML-basierten Diagrammen. Es kann für unterschiedliche Arten von Diagrammen (u.a. für Graphen, Netzdiagramme, UML-Diagramme) verwendet werden und komplexe Datenmengen automatisch nach verschiedenen Algorithmen anordnen. Hiermit wurden die Visualisierungen ausgewählter Netzwerkanalysen für die UI-gewichteten Städte sowie die resultierenden Beziehungen zwischen den Mustern erstellt. → Link: www.yworks.com/products/yed

Citavi 6

Citavi ist ein Programm zur Literaturverwaltung und Wissensorganisation. Es wird an Universitäten und Hochschulen zum Schreiben von Hausarbeiten und Abschlussarbeiten eingesetzt und von Forschern beim Verfassen von wissenschaftlichen Publikationen. Dies wurde für die begleitende Literaturverwaltung und -auswertung über den gesamten Forschungsprozess eingesetzt. → Link: www.citavi.com/de

Google Sheets

Google Sheets ist ein webbasiertes Tabellenkalkulationsprogramm, das Teil der Google Docs Editors Suite von Google ist. Die App ist dabei mit allen MS Excel-Dateiformaten kompatibel. Hiermit wurden die einzelnen Datenbanken strukturiert und miteinander vernetzt, Wechselwirkungsanalysen (CIM) durchgeführt sowie entsprechende Datenmengen zur Modellierung in KNIME oder Visualisierung in yEd exportiert. → Link: sheets.google.com/

Microsoft Forms

Microsoft Forms ist eine Online-Erhebung-Applikation und Teil von Office 365. Forms ermöglicht es Benutzern, Umfragen und Tests mit direkter Codierung zu erstellen und die Daten automatisiert nach Microsoft Excel oder Google Sheets zu exportieren. Hiermit wurde die quantitative Experten-Erhebung zur Evaluation der Muster-Prototypen konzipiert und durchgeführt. → Link: forms.microsoft.com/



Universität Stuttgart

Wie können Städte als komplexe Systeme innovations-offener und wandlungsfähiger für zukünftige Herausforderungen werden? Die Dissertation adressiert die Systematisierung von kooperativen Innovations- und Diffusionsprozessen zwischen Städten im globalen Kontext der urbanen Transformation und technologieoffenen Stadtentwicklung. Mit qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden der Wissensentdeckung in Datenbanken werden bisherige Co-Innovationsprozesse urbaner Systeme explorativ analysiert, wiederkehrende Merkmale als Muster identifiziert und validiert.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde eine erste universelle Mustersprache für Innovationsdiffusion in urbanen Systemen (uiPL) entlang von Wissensstrukturmodellen aus moderner Architektur und Software Engineering entwickelt, um diese als Erfolgsfaktoren für die Städte der Zukunft zu organisieren, in einer verständlichen, ganzheitlichen Form festzuhalten und die Kooperation zwischen Beteiligten zu fördern – eine interdisziplinäre Sprache für Forschung, Unternehmen, Politik und Verwaltung.