

Entwurf von Tragkonstruktionen im Einklang von Nutzung, Konstruktion und Gestalt

Entwicklung eines Instrumentariums zur Bedarfsanalyse und Ergebnisbewertung

Von der Fakultät Architektur und Stadtplanung
der Universität Stuttgart
Zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.- Ing.)
Genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Dipl.- Ing. Khaled Hassan Emam
aus Kairo, Ägypten

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen A. Adam
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers
Tag der mündlichen Prüfung: 25.05.2005

Institut für Entwerfen und Konstruieren
Universität Stuttgart

2005

Für meine Mutter, meinen Vater und meine Schwestern.

Vorwort

Der Ursprung dieser Arbeit geht auf das Studium und die Lehrtätigkeit des Verfassers am Institut für Entwerfen und Konstruieren im Fachbereich Architektur an der Universität Stuttgart zurück. Das geistige Umfeld der „Stuttgarter Schule“ ließ die Idee zu dieser Arbeit entstehen und bildet gleichzeitig das Fundament der vorliegenden Dissertation.

Vielen Kollegen, Fachexperten und Professoren gilt mein Dank. Insbesondere dankbar bin ich meinem Hauptberichter Herrn Professor Dr. Jürgen Adam für die wertvollen Anregungen und die wissenschaftliche Betreuung. Herrn Professor Dr. Jan Knippers danke ich für seine kritischen und konstruktiven Anregungen. Weiterhin danke ich Herrn Dr. Bernes Alihodžić für seine geistige und persönliche Unterstützung. Frau Liane Schieferstein danke ich für Ihren sprachlichen und ihren pragmatischen Rat.

Für die Förderung und Geduld bedanke ich mich recht herzlich bei meiner Mutter, Frau Laila Amin, meinen Vater, Hassan Emam und meinen Schwestern, Sahar und Hala. Hätte meine Arbeit auf diese Personen verzichten müssen, wäre sie wohl kaum zustande gekommen oder hätte zumindest eine andere inhaltliche Ausrichtung oder Form erhalten.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung - Aufstellung der These**
- 2 Theoretische Grundlagen zum Einklang von Tragkonstruktion und Architektur**
- 3 Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs**
- 4 Überprüfung des Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen**
- 5 Diskussion der These - Schlussfolgerung**

Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	8
Abstract – Summary in English	12
Conclusion	15
1 Einleitung - Aufstellung der These	19
• Ziele der Arbeit	20
• Untersuchungsmethode	20
• Aufbau und Gliederung	22
• Forschungsstand	23
• Eigene Problemdarstellung	30
• These	32
2 Theoretische Grundlagen zum Einklang von Tragkonstruktion und Architektur	37
2.1 Bedeutung der Tragkonstruktion	38
2.1.1 Definitionen der Tragkonstruktionsaufgabe	39
2.1.2 Eigene Definition	44
2.1.3 Systematik	45
2.1.4 Erläuterungsbeispiel: Eissporthalle München	46
2.2 Entwurfskriterien – Entwurfskonzepte und ihr Einfluss auf Tragkonstruktionen	56
2.2.1 Entstehungsprozess der Entwurfskriterien	56
2.2.2 Entwurfskonzepte - individuelle Auffassungen	61
2.3 Einklang von Tragkonstruktion und Architektur	69
2.3.1 Voraussetzungen	69
2.3.2 Arten und Verhältnisse der Tragkonstruktionsbeiträge	69
2.3.3 Erläuterungsbeispiele	70
Zusammenfassung	76
3 Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs	79
3.1 Thematische Hinleitung	79
3.2 Darstellung des Instrumentariums	82
3.2.1 Definition von SOLL-Zuständen	82
3.2.2 Definition von IST-Zuständen	84
3.2.3 Bewertung des Einklangs	86
3.3 Kommentar	89
Zusammenfassung	90

4	Überprüfung des Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen	94
4.1	Die Kriterien der Industriehallen im Überblick	94
	• Nutzungskriterien	96
	• Gestaltungskriterien	96
	• Konstruktionskriterien	96
	• Wirtschaftlichkeit	96
	• Ökologie	96
4.2	Fallbeispiel- Inmos Halbleiterfabrik, Newport, GB	99
4.2.1	SOLL -Zustand der Tragkonstruktion	99
	• Gewichtung der zu leistenden Tragkonstruktionsbeiträge	99
	– Charakteristika des Nutzungskonzepts	101
	– Charakteristika des Gestaltungskonzepts	103
	– Charakteristika des Konstruktionskonzepts	103
	• Objektive Bedarfsanalyse	104
4.2.2	IST - Zustand der Tragkonstruktion	106
	• Beschreibung der Tragkonstruktion	106
	• Gewichtung der tatsächlichen Tragkonstruktionsbeiträge	108
	– Beitrag zur Flexibilität	109
	– Beitrag zur Erweiterbarkeit	110
	– Beitrag zum Raumvolumen	111
	– Beitrag zur Belichtung	111
	– Beitrag zur äußeren Gestalt	112
	– Beitrag zur Innenraumgestaltung	114
	– Beitrag zur Materialaufwand	115
	– Beitrag zur Herstellung / Technik	116
	– Beitrag zur Montage / Bauzeit	117
	– Beitrag zur konstruktiven Durchbildung des Raumabschlusses	117
	– Beitrag zur Installationsführung	118
	– Graphische Darstellung des Ist-Zustandes	120
4.2.3	Bewertung des Einklangs	121
	Zusammenfassung	122

5	Diskussion der These – Schlussfolgerung	125
5.1	Darstellung der Theorien anhand exemplarischer Beispiele	125
5.1.1	Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten: „Tragsysteme“ von Heino Engel	126
5.1.2	Integrative Ausbildung: „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ der Universität Stuttgart	130
5.1.3	Monokausale Betrachtungsweise: Forschungsarbeit „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“	134
5.2	Diskussion der aufgestellten These	139
5.2.1	Beispiele fehlenden Einklangs	141
5.2.2	Zusammenhang von Lehre, Denkweise und Bauresultat	146
5.3	Schlussfolgerung	153
5.4	Ausblick	154
	Anmerkungen	157
	Literaturverzeichnis	163
	Abbildungsverzeichnis	167
	Bildnachweis	169

Zusammenfassung

Bei einer Vielzahl zeitgenössischer Bauten lässt sich feststellen, dass das Zusammenspiel von Tragkonstruktion und Architektur nicht optimal gelöst ist. Jeder kennt Beispiele solcher rein auf statische und funktionale Aspekte begrenzten Bauwerke wie die gängigen, stereotypen Brückenbauten, die mittlerweile Städte wie Landschaften gleichermaßen prägen. Einen Anspruch an menschliche Bedürfnisse, die über das Materielle hinausgehen, erfüllen diese Bauten häufig nicht, was in einer mangelhaften architektonischen Qualität vor allem der sogenannten Ingenieurbauten zum Ausdruck kommt.

Dem Problem der fehlenden Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion und Architektur widmet sich die vorliegende Arbeit. Sie will durch die Einführung des Begriffes „Einklang“ von Tragkonstruktion mit Nutzung, Gesamtkonstruktion und Gestalt den Diskurs zwischen den Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen fördern und letzten Endes eine verbesserte Qualität der gebauten Umwelt erreichen.

Methodisch sieht das Vorgehen dabei folgendermaßen aus:

- zunächst wird der aktuelle Forschungsstand untersucht und die Position des Verfassers beschrieben
- darauf folgt eine Definition des Begriffes „Einklang“ und die Entwicklung eines Instrumentariums zu seiner Bewertung
- im Anschluss findet eine Thesendiskussion auf der Grundlage der gewonnenen Ergebnisse statt.

Als ersten Schritt nimmt die Arbeit eine Auseinandersetzung mit den in der Forschungsliteratur vertretenen Erklärungsansätzen vor. Diese nehmen die Ursachen des Problems ganz unterschiedlich wahr und können nach drei Richtungen gruppiert werden: während die erste von einer ungeeigneten Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten ausgeht, bemängelt die zweite Richtung die fehlende Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren in der Ausbildung. Von dritter Seite wird die monokausale Betrachtungsweise der Bauingenieure als ursächlich für eine Vielzahl - ganzheitlich betrachtet – misslungener

Tragwerksentwürfe gemacht. Dagegen sieht der Verfasser das Problem im fehlenden Einklang von Tragkonstruktion und Architektur, der seiner These nach auf die trennende Denkweise zwischen Architekten und Bauingenieuren sowie den hiervon geprägten Lehrkonzepten zurückzuführen ist.

Der zweite Schritt stellt den Hauptteil und den eigentlichen Schwerpunkt der Arbeit dar. Über die Beschäftigung mit den grundlegenden Aufgaben der Tragkonstruktion wird eine eigenständige Definition erarbeitet. Danach liegt die Aufgabe der Tragkonstruktion in einem Bauwerk darin, unterstützende Beiträge zu sämtlichen entwurfsbestimmenden Kriterien zu liefern, sei es das Nutzungskonzept, seine Gesamtkonstruktion oder die gestalterische Idee. Hierzu wird die Entstehung der Entwurfskriterien und ihr Einfluss auf den Entwurfsprozess untersucht. Da ein Gesamtentwurf auch von subjektiven Einstellungen des Entwerfers geleitet ist, werden diese ebenfalls berücksichtigt.

Um den gewünschten Einklang von Tragkonstruktion und Architektur zu erreichen, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Im Idealzustand herrscht ein harmonisches Verhältnis, so dass die Beiträge der Tragkonstruktion mit den Anforderungen an die Nutzung, Konstruktion und Gestalt eines Bauwerks übereinstimmen, diese unterstützen bzw. fördern. Da der Begriff des „Einklangs“ jedoch nur schwer greifbar ist, ist es notwendig, eine nachvollziehbare Methode der Bewertung zu entwickeln. Hierzu stützt sich der Verfasser auf die Kategorien des Soll- und Ist-Zustandes anhand derer sich negative bzw. unterstützende Tragkonstruktionsbeiträge unterscheiden und messen lassen. Ein wichtiger Beitrag dieser Arbeit liegt in der graphischen Darstellung des Verhältnisses von erwünschten und tatsächlichen Reaktionen auf die verschiedenen Anforderungen an ein Bauwerk. Dabei werden entscheidende Entwurfskriterien auf den ersten Blick sichtbar gemacht und auch der Erfüllungsgrad der Tragkonstruktionsbeiträge kommt deutlich zum Ausdruck. Besonders ist aber, dass bei der Festlegung des Soll-Zustandes auch subjektive Präferenzen in das Modell einfließen können. Folglich stellt das Modell ein leicht zu handhabendes Instrumentarium zur Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion

und Architektur dar, das die trennende Denkweise von Architekten und Bauingenieuren überwindet und somit beiden Disziplinen einen gemeinsamen Bewertungsmaßstab bietet. Gegen Schluss des Hauptteils wird das Modell am Beispiel einer Industriehalle praktisch angewandt und auf seine Richtigkeit überprüft.

In einem dritten und letzten Schritt nähert sich der Verfasser der Thesendiskussion, also der Frage nach der maßgeblichen Ursache des fehlenden Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur. Um seinen eigenen Standpunkt abschließend besser einordnen zu können, wird anhand von drei repräsentativen Arbeiten vertieft auf die in der Forschungsliteratur vertretenen Lösungsansätze eingegangen. Von zentraler Bedeutung erweist sich die trennende Ausrichtung der herrschenden Ausbildungssysteme, die auch in der Denkweise von Architekten und Bauingenieuren wiederzufinden ist. Mit Hilfe des erarbeiteten Instrumentariums zeigt der Verfasser am Beispiel Ägyptens, vor allem Kairos, verschiedene Beispiele misslungener Bauwerke, die diesen Zusammenhang von Denkweise, Lehre und deren Niederschlag im gebauten Resultat verdeutlichen. Da das Ausbildungssystem in Ägypten auf der absoluten Trennung der Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen beruht, lässt sich der negative Einfluss der nicht aufeinander abgestimmten Lehrinhalte hier eindeutig und in erschreckendem Maße zurückverfolgen.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnis kommt die Arbeit zu dem Ergebnis, dass im Ausbildungssystem für Bauingenieure und Architekten sowohl interdisziplinäre Wege beschritten, als auch neue Lehrkonzepte für die Tragkonstruktionslehre entwickelt werden müssen. Der Verfasser schlägt die Einführung eines eigenständigen Pflichtfaches vor, das den Studenten beider Disziplinen tiefgehende Kenntnisse über die Zusammenhänge von Tragkonstruktion und Architektur vermitteln soll. Dieses Fach könnte „Tragkonstruktion in der Architektur“ heißen. Da das in dieser Dissertation entwickelte Instrumentarium ein einfaches graphisches Mittel darstellt, um der Komplexität des Bauens und der Vielzahl der teils widersprüchlichen Einflüsse Ausdruck zu verleihen, könnte es sich als inhaltliche Grundlage für das vom Verfasser geforderte neue Studienfach eignen. Die Optimierung bereits

bestehender, integrativer Konzepte sollte zudem als Vorbild für die künftige Entwicklung des Ausbildungssystems dienen. Ziel ist es, einen Bewusstseinswandel bei Dozenten und Studierenden wie auch praktizierenden Bauingenieuren und Architekten zu bewirken. Denn nur so lässt sich eine neue Qualität der Bauresultate erreichen und der Teufelskreis von trennender Denkweise und Lehre überwinden.

Abstract – Summary in English

Structure design

in harmony with function, construction and form

Development of an instrument for analysing requirement and valuating results

Summary

Noticeably, a great number of contemporary buildings have an unbalanced interaction between their structure and their architecture, which negatively affects the quality of these buildings. Everybody knows examples of such buildings, purely limited on static and functional aspects, such as the usual, stereotypical bridges that, in the meantime have equally shaped cities and landscapes to a great extent. Mostly, these buildings don't fulfil the right to human needs, which go further than material belongings. This is expressed in an inadequate architectural quality, especially in the so called engineer buildings. This appears in different shapes and extents according to different factors such as the type of the building.

This research deals with the problem of missing interaction between structure and architecture. Involving the concept of harmony between structure and function, as well as construction and form the work aims at encouraging the discussion about this issue among the architects and construction engineers and finally at increasing the quality of the buildings' environment.

The research method can be summarized in three main steps:

- At the beginning, the present state of research was analysed and examined and the researcher's point of view was described
- The next step was to define the concept of harmony and to develop an instrument for its valuation.
- Finally, the thesis of the researcher was discussed based on the obtained results.

The first part of the research deals with the different views and tendencies, which are represented in the scientific references.

These opinions differ a lot in terms of what they see as the main reason for a poor structure design. They can be classified into three main trends: The first trend claims that the inefficient method of teaching the subject of “theory of structure” to architects is the main reason. The second tendency, however, refers to the lack of cooperation between architects and engineers during their education. The third tendency blames the engineers for having a one sided view and is considered a main cause for failed structure designs. On the contrary, the researcher views the problem in the missing harmony between structure and architecture. He is of the opinion that the main reason for this missing harmony lies in the separated manners of thinking between architects and engineers as well as the teaching concepts that are shaped by it. He sees the scientific syllabuses as the result of such different views.

The second step can be seen as the main focus of this research. An own definition for the major functions of structures in different buildings was elaborated. This definition states the fact that the function of the structure in a certain building is to supply supporting contributions to all design relevant criteria, whether it is the functional concept, its entire construction or the creative idea. The birth of design criteria and their influence on the design process is analysed at this stage. Similarly, the influence of the designer’s subjective opinions on the entire design is examined.

In order to achieve the required harmony between structure and architecture some conditions have to be obtained. In the ideal case, there must be a harmonised relationship, so that the contributions of the structure correspond with the requirements of usage, construction and form of a building, and that they support and assist each other. As it is difficult to comprehend the concept of harmony, it is a must to develop an instrument that is easy to comprehend in order to value it. The researcher refers to the categories of the required condition and the actual condition where it is possible to differentiate and measure both negative and supportive structural contributions. An important contribution to this work is the graphic portrayal of the relation between the required and the actual structure’s reactions on the requirements of a building. In a portrayal like this decisive design criteria of the building are made

visible on the first sight and also the extent of accomplishing the structural contribution becomes clear. Especially by determining the actual condition, the subjective preferences can also come in to play. Consequently, the model is easy to handle and simplifies the valuation of the harmony between structures and architecture. It also overcomes the different opinions of architects and engineers and offers a common standard of valuation to both disciplines. Coming to an end of the main part, the model will be examined and checked if it works correctly in an industrial hall as an example.

As a third and final step the researcher approaches the discussion of the thesis, the question of the authoritative cause of the missing harmony between structures and architecture. In order to show the point of view of the researcher, solutions which are represented in scientific references will be discussed. These will profoundly be analysed with the help of three representative works.

The separated directions of the dominant educational systems which can be seen in the engineers' and the architects' ways of thinking are of great significance. By using this new elaborated method, the researcher shows -using Egypt as an example- several examples of unsuccessful buildings which clarify the negative effects of the relation between the separated ways of thinking and education as well as its influence on the buildings. As the present educational system in Egypt is based mainly on the complete separation between architects and engineers, the negative effects of the educational syllabus which do neither cope nor harmonize, are quite obvious.

According to this knowledge, the research comes to the conclusion that the educational systems for architects and engineers should develop new educational concepts for the subject "theory of structures", and that interdisciplinary paths have to be taken. The researcher suggests introducing new obligatory and independent subjects that teach more about the relationship between structure and architecture. This subject could carry the name "structure and architecture". Since the elaborated instrument represents new simple methods to show the complexity of construction, in addition to showing the great number of the contra dictionary influences, it is capable of being contents of the suggested subject. The

improvement of already existing and integrated concepts of the educational system should be used as a role model for the future development of the present educational system. The goal is to develop a change of consciousness or awareness of students and teaching staff, as well as architects and engineers. This is the only way to surpass this vicious circle between the separate way of thinking and the educational process and, as a result, to achieve a new quality of buildings.

Conclusion

The entire work shows that the discussion of teaching methods for both architects and engineers represents the main supposition to develop the quality of the buildings which lack harmony between its structure and its architecture, especially in the countries which strongly separate between the two disciplines, like Egypt, for example. Although a higher awareness of this problem is present in most industrial nations like Germany – which can be seen in models like “Stuttgarter Schule” or “Dortmunder Modell Bauwesen” – however, this kind of integration remains an exception, which is far away from being asserted as a model for a fundamental change in the educational system. Furthermore, the participation in collective courses is not always obligatory which often results in a low course attendance. Thus, the researcher suggests involving a new obligatory subject for the students of both engineering and architecture that has to be attended from the beginning of the first term. The new subject should also be shaped in an interdisciplinary way. The elaborated instrument would introduce itself as main and basic contents for this suggested subject. This new subject should be discussed by the teaching staff of both the architects and engineers. Concerning the contents, it should be focused on the interaction between structure and architecture.



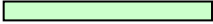
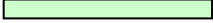

The theoretical concept should be based on the three columns which have been mentioned in the second chapter in details:

- analyzing the meaning of structure in buildings
- showing design criteria and the effects of forming the different kinds of buildings as well as their influence on the structure

- Elaborating an instrument to approach a valuation of the structural design.

In the practical concept encourages the students of both disciplines to elaborate designs that have a gradual difficulty together. It is of great significance to strengthen the intuitive method of thinking and the consideration of alternative possibilities during the design process. Here, we should make the students of both disciplines aware of the numerous requirements of the structure. Particularly within the engineering students the spatial power of imagination should be supported. Within the architects, however, it is about evolving a feeling for static correlations which could be gained by visualizing carry behaviour. Constructing and designing with different material (Ferro-concrete, timber, steel, membrane etc.) would also belong into the curriculum. This way, the entire observation of construction tasks from the beginning of the education would be supported and expected. A similar curriculum would finally be – using the words of Polónyis – the urgently necessary “education of complex thinking”.

Einleitung - Aufstellung der These

	These
	
	Grundlagen der Diskussion
	
	Diskussion

1 Einleitung - Aufstellung der These

- Ziele der Arbeit
- Untersuchungsmethode
- Aufbau und Gliederung
- Forschungsstand
- Eigene Problemdarstellung
- These

1. Einleitung - Aufstellung der These

Architektur des 20. Jh.: gesellschaftlicher
Umbruch und neue Konstruktionsweisen

Die Architektur des 20. Jahrhunderts zeigte sich in hohem Maße von gesellschaftlichen Umbruchsprozessen beeinflusst und wurde technisch durch die Entwicklung von Konstruktionsweisen geprägt, die in der Architektur bis dahin unbekannt waren.¹ Im wesentlichen war es die Entwicklung von tragenden Konstruktionen, die - neben den neuen Fassaden- und Dachkonstruktionen - die Architektur tiefgreifend bestimmte und veränderte.²

Entwicklungsfaktoren der
Tragkonstruktion

Die rasante Entwicklung im Bereich der Tragkonstruktion³ wurde besonders durch drei Umstände vorangetrieben:

- Die explosionsartige Zunahme des Faktenwissens in den technischen Wissenschaften und die damit verknüpften fortschreitenden technologischen Entwicklungen.⁴
- Der immer raschere Wandel von typischen Bauaufgaben verbunden mit der Entstehung neuer Anforderungen.⁵
- Die Trennung von tragenden und raumbegrenzenden Teilen - eine Entwicklung die häufig zu einem Komplexitätszuwachs der Anforderungen an die Tragkonstruktion führte.⁶

Unter diesen Entwicklungsaspekten gewann die Tragkonstruktion im Gebauten stets an Bedeutung. Dabei wurde und wird das Entwerfen von Tragkonstruktionen, die ihre Funktion im Einklang mit dem Gesamtentwurf erfüllen, immer wichtiger, aber auch schwieriger.

Bedeutung der Tragkonstruktion

Die Auffassungen darüber, welche Bedeutung der Tragkonstruktion für das Gebaute zukommt, gehen weit auseinander.⁷ Sie reichen von der Ansicht, dass die Tragkonstruktion mit Architektur gleichzusetzen ist, bis dahin, dass ihr jegliche Bedeutung für die Architektur aberkannt wird.⁸ Man ist sich jedoch einig, dass die Tragkonstruktion im Einklang mit der Nutzung, Gesamtkonstruktion und Gestalt eines Bauwerks stehen sollte - gleichwohl welche Bedeutung sie in einer konkreten Bauaufgabe hat. Dabei gelten die genannten drei Bereiche als "Basisbereiche"⁹ für jedes Bauwerk und damit auch für alle entwerflichen Sachverhalte.

Obwohl die Aspekte der Nutzung, Konstruktion und Gestalt beim Entwerfen in unterschiedlichem Maße berührt werden, bleibt eine

harmonische Synthese dieser Bereiche untereinander immer das Hauptziel jedes Entwurfsprozesses. Vorausgesetzt wird hierbei das Bestreben, eine gewisse architektonische Qualität des Gebauten zu erreichen.

Mangelnde architektonische Qualität

Die Harmonie dieser Synthese ist von den Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion - als Element der Gesamtkonstruktion - und den oben genannten Basisbereichen des Bauwerkes unmittelbar abhängig. Leider ist diese Abhängigkeit jedoch nicht jedem Bauingenieur und Architekt bewusst, so dass eine Vielzahl der heutigen Bauwerke Mängel bei der architektonischen Qualität aufweisen. Die vorliegende Arbeit hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, die Entstehung dieses Missstands genauer zu untersuchen.

• Ziele der Arbeit

Hauptziel

Das Hauptziel dieser Untersuchung liegt in einer **Verbesserung der Qualität der gebauten Umwelt durch ein harmonisches Miteinander von Tragkonstruktion und Architektur.**

Etappenziele

Dabei lassen sich folgende Etappenziele formulieren:

- Entwicklung eines Instrumentariums zur Einführung des Begriffs "Einklang" von Tragkonstruktion mit Nutzung, Gesamtkonstruktion und Gestalt
- Bestimmung der maßgeblichen Ursachen für fehlende Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion und Architektur.

Letzten Endes strebt die vorliegende Arbeit die Förderung eines Diskurses zwischen Architekten und Bauingenieuren über den Einklang von Tragkonstruktion und Architektur an.

• Untersuchungsmethode

Um die genannten Ziele zu erreichen, wird eine dreigliedrige Untersuchungsmethode verfolgt:

- Aufstellung der These des Verfassers
- Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen
- Vergleichende Diskussion

Aufstellung der These

Der erste Schritt der Untersuchung nimmt eine kurze Gegenüberstellung der unterschiedlichen Wahrnehmungen vor, die bezüglich der Ursache der unbefriedigenden Qualität von Tragkonstruktionsentwürfen bestehen. Auf dieser Basis – der Auseinandersetzung mit verschiedenen Erklärungsansätzen – lässt sich eine präzise Definition des Problems erarbeiten und die These des Verfassers aufstellen.

Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen

Die zweite Stufe befasst sich mit der Entwicklung wissenschaftlicher Grundlagen zur Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion und Architektur. Hierzu wird in drei aufeinander aufbauenden Schritten der Begriff des „Einklangs“ definiert:

- Theoriebezogener Teil: Auswahl und Bearbeitung der theoretischen Grundlagen des Einklangs von Tragkonstruktion mit Nutzung, Konstruktion und Gestalt im Gebauten
- Verknüpfung von Theorie und Praxis: Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs
- Praxisbezogener Teil: Anwendung und Überprüfung des entwickelten Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen.

Diese Stufe bildet den eigentlichen Schwerpunkt der Arbeit. Sie basiert auf dem Vergleich von Theorie und Analyse. Die erarbeiteten Kriterien und Theorien werden beispielhaft angewandt und überprüft. Dieses Vorgehen ist von der Überzeugung geleitet, dass sich Theorie und Analyse im Laufe der sukzessiven Annäherung gegenseitig korrigieren.

Vergleichende Diskussion

Der dritte Schritt diskutiert maßgebende Ursachen der Qualitätsmängel von Tragkonstruktionsentwürfen (bzw. des fehlenden Einklangs) anhand einer vergleichenden Analyse vorherrschender Erklärungsansätze mit der hier aufgestellten These. Dazu wird - mit Hilfe des in der zweiten Stufe erarbeiteten Instrumentariums - eine ausführliche Betrachtung beispielhafter Bauwerke vorgenommen. Gemäß der These des Verfassers lassen sich die Zusammenhänge von trennender Lehre, Denkweise und den daraus resultierenden Bauwerken aufzeigen. In einem Ausblick werden schließlich Verbesserungsvorschläge formuliert.

- **Aufbau und Gliederung**

Die Arbeit ist in fünf Kapitel und drei inhaltliche Abschnitte gegliedert, was auch die untere Abbildung veranschaulicht (Abb.1.1)

Das erste Kapitel rückt die These ins Zentrum und stellt damit die erste Untersuchungsstufe dar.

Im zweiten Abschnitt geht es um die wissenschaftliche Erfassung des Problems. Ihr sind die drei folgenden Kapitel gewidmet. Zunächst werden mit der Definition zentraler Begriffe theoretische Grundlagen gelegt. Kapitel drei repräsentiert das eigentliche Herzstück der Arbeit, in dem ein neues Instrumentarium entwickelt und dargestellt wird. Anschließend beschäftigt sich Kapitel vier mit der Überprüfung und Anwendung des Instrumentariums an einem bestimmten Bautyp (Industriehallen).

Mit der Diskussion in Kapitel fünf schließt die vorliegende Untersuchung ab.

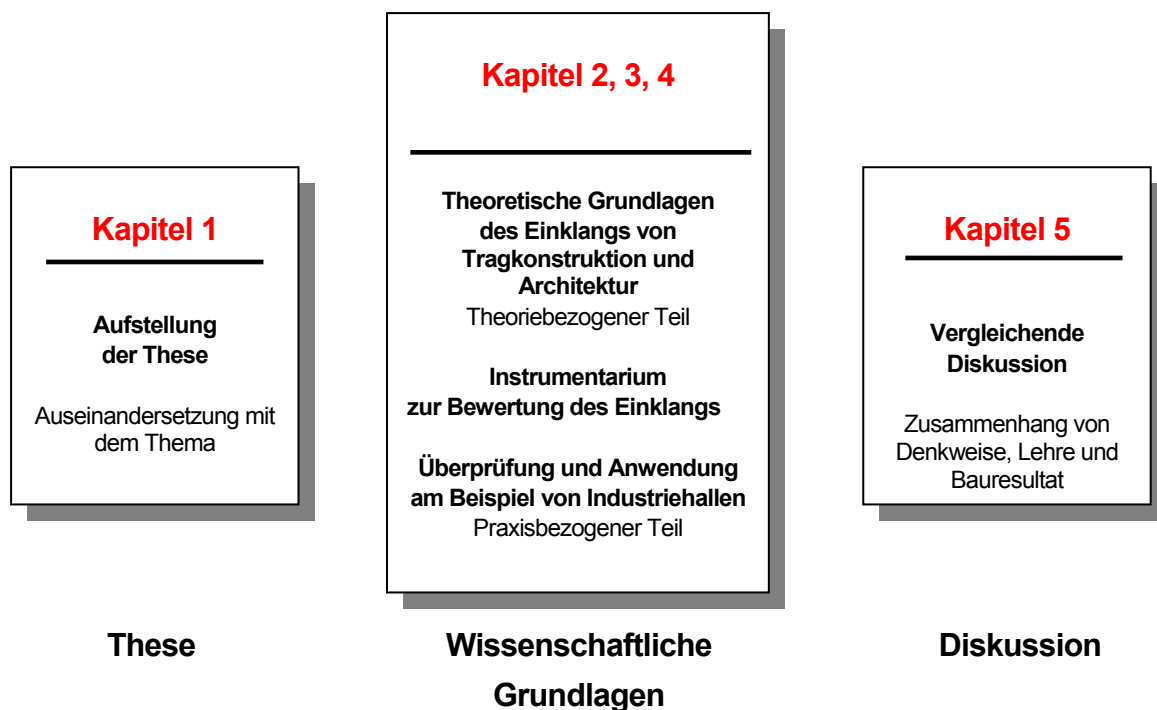


Abb. 1.1: Aufbau der Arbeit

• Forschungsstand

Das oben beschriebene Erkenntnisinteresse dieser Arbeit wird in der Forschungsliteratur unterschiedlich wahrgenommen und thematisiert. Die Zahl der Arbeiten, die sich tatsächlich mit dem Thema beschäftigen, ist recht gering. Direkt oder indirekt konstatieren jedoch die meisten Arbeiten eine unbefriedigende Qualität von Tragkonstruktionsentwürfen bei einer Vielzahl von Bauwerken.

Je nach Blickwinkel des Betrachters weisen die Definitionen dieses Problems unterschiedliche Perspektiven auf, die aus einer jeweils anderen Ursachenbestimmung resultieren und daher mit einer anderen Methodik und unterschiedlichen Verbesserungsvorschlägen verbunden sind. Eine Einordnung der vorliegenden Untersuchung in den Gesamtkontext der Diskussion ist folglich ohne eine Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Begrifflichkeiten und Auffassungen über die Ursachen der Qualitätsmängel nicht möglich.

In Bezug auf die Ursachenbestimmung lassen sich drei herrschende Meinungen feststellen:

- Die erste Position nimmt die Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre, die als ungeeignet für Architekten angesehen wird, in die Kritik.
- Fehlendes gegenseitiges Verständnis und kommunikative Schwierigkeiten zwischen Architekten und Bauingenieuren bemängelt die zweite Position. Nach dieser Auffassung führt das Fehlen einer gemeinsamen Sprache unmittelbar zu einer unzureichenden Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren beim Entwerfen von Tragkonstruktionen.
- Die dritte Problemperspektive differenziert zwischen Bauten, die vorwiegend von Architekten entworfen werden, und solchen, die hauptsächlich in der Verantwortung von Bauingenieuren liegen. Im ungünstigsten Fall wird hier das Problem nicht einmal wahrgenommen, im günstigsten Fall mit einem bestimmten Bautyp in Verbindung gebracht, wie zum Beispiel den so genannten „Ingenieurbauten“. Folglich liegt die Ursache für Qualitätsmängel beim Entwerfen von Tragkonstruktionen eher

bei einer monokausalen Betrachtungsweise der Bauingenieuren.

Die aufgeführten drei Positionen können oft nicht eindeutig voneinander abgegrenzt werden. Ausschlaggebend für die oben vorgenommene Unterscheidung ist daher der jeweilige Lösungsansatz, der auf eine entsprechende Prioritätssetzung und Ursachenbestimmung hinweist.

Die erste Position

Die ungeeignete Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten

Ralph Repson

Ralph Repson, Leiter der Schule für Architektur an der Universität Minnesota, USA, kann als Stellvertreter dieser Richtung angesehen werden. Er äußerte sich 1967 und 1997 wie folgt: „Als praktizierender Architekt und als Lehrer der Architektur bin ich mit Theorie und Praxis gleichermaßen verbunden. Schon seit langem habe ich festgestellt, dass die üblichen Methoden, den jungen Architekten in das Gebiet der architektonischen Tragwerke einzuführen, weit davon entfernt sind, um als zufriedenstellend zu gelten, sie sind viel zu kompliziert und verwirrend und fehlorientiert. Sie sind ungeeignet, eindeutige Beziehungen zum Gesamttakt des Bauentwerfens herzustellen. Und sind nicht von einer Art, die eine schöpferische Anwendung von konstruktiven Prinzipien beim jungen Architekten anregen oder fördern könnte.“¹⁰

Heino Engel

Heino Engel griff Ralph Repsons Idee, eine geeignete Lehre der Tragkonstruktion für Architekturstudenten zu entwickeln, auf und kommentierte: „Das Wissensgebiet, ‚Tragwerklehre‘ hat sich durch Vielfalt und Umfang der Teilgebiete längst dem ganzheitlichen Verständnis entzogen. Schon die verbindliche Erfassung bloßer thematischer Inhalte des Wissensgebietes, und damit seine Lehrbarkeit, ist zum Problem geworden, erst recht die Vermittlung seiner kreativen Anwendung. Selbst für den Tragwerksspezialisten, den Bauingenieur, ist die kompetente Nutzung aller Zweige des Gebietes nicht mehr gegeben, noch weniger für denjenigen, der daneben noch andere Wissensgebiete zur Grundlage seines Handelns hat: den Architekten.“¹¹

Engels Werk „Structure Systems“ von 1967 (überarbeitete Fassung von 1997; die deutsche Ausgabe erschien unter dem Titel

„Tragsysteme“) stellt auf der Basis dieses Ansatzes seinen Verbesserungsvorschlag vor. Er plädiert darin für eine Systematisierung der Tragwerkslehre durch ein von ihm begründetes Ordnungsprinzip, das eine bessere Vermittlung der Tragwerkslehre ermöglichen würde.¹²

Mario Salvadori

Ähnlich wie Engel und Repson formulierte der Architekturlehrer Mario Salvadori von der Columbia University 1977 die Ursache des Problems. Jedoch beklagte er sich mehr über den für Architekten schwierigen Zugang zur Tragwerkslehre. In seinem Werk „Structure in Architecture“, welches als deutsche Ausgabe unter dem Titel „Tragwerk und Architektur“ erschien, stellte er fest: „In vielen Jahren meiner Lehrtätigkeit habe ich erkannt, dass der mathematische Zugang zu Tragwerken für Architekten nicht annehmbar ist und deren Zwecken auch nicht entspricht.“¹³

Den Inhalt dieser Veröffentlichung, die als sein Lösungsansatz gelten kann, beschrieb er selbst folgendermaßen: „Die Strukturkonzepte, die in diesem Buch vorgelegt werden, [...] sind [...] ohne Mathematik und mit Modellen und Unterrichtsfilmen [...] vor Anfängern des Architekturstudiums an der Columbia University vorgetragen worden.“¹⁴ Zur Akzeptanz dieses unmathematischen Zugangs zur Tragwerkslehre bemerkte er: „Die Aufnahme meines Buches in der ganzen Welt zeigt, dass es möglich ist, elementare und komplizierte Konstruktionen in ihren Grundprinzipien darzustellen, ohne auf die Mathematik zurückzugreifen.“¹⁵

Jüngere Verfechter

Als Beispiel eines jüngeren Werkes, das der ersten Richtung zugeordnet werden kann, lässt sich das Buch „Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung“ von Paul Kuff aus dem Jahr 2001 anführen. Der Verfasser spricht vom „Schrecken der Tragwerklehre“¹⁶ und beschreibt seine Einstellung mit den folgenden Worten: „Gesichert ist jedoch die Erkenntnis, dass die Tragwerklehre in der Architekturausbildung keine ausreichende Eigenständigkeit und Abgrenzung gegenüber der ‚reinen‘ Ingenieurwissenschaft gefunden hat“ und “[...] für Architekten wird daher ein andersartiger Einstieg in die Grundlagen der Tragwerklehre gesucht.“¹⁷ Sein „andersartiger Einstieg“¹⁸ unterscheidet sich dabei kaum von dem, was Heino Engel bereits vor 30 Jahren vorgeschlagen hat – nämlich eine Systematisierung

der Tragkonstruktionen. Der Unterschied liegt allein in einer anderen Begrifflichkeit!

Lösung: Abwendung von Mathematik

Gerade diese Vorgehensweise, Tragkonstruktionen unter einem bestimmten Ordnungsprinzip zu systematisieren sowie das Tragverhalten bildlich oder durch Anschauungsmodelle darzustellen und so weit wie möglich von „Mathematik“ zu entfernen, ist das Hauptmerkmal von Lösungsansätzen dieser Richtung. Das Buch „Tragsysteme“ von Heino Engel ist in dieser Hinsicht beispielhaft.

Die hier geschilderte Position lässt sich im Allgemeinen an Ausdrücken wie „architektonische Tragwerke“¹⁹, „mathematischer Zugang“²⁰ oder „reine Ingenieurwissenschaft“²¹ erkennen. Der Kommentar Salvadoris steht beispielhaft für diese Perspektive: „[...] aus der Sicht des Architekten ist das Tragwerk ein notwendiges Übel, das in Bezug auf Kosten und Störung des architektonischen Designs klein gehalten werden muss.“! ²²

Zusammenfassung

Zusammengefasst basiert die Sichtweise der ersten Richtung auf einer Kritik an der Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten. Als Lösungsansatz wird folglich deren Vereinfachung und Verbildlichung gefordert.

Die zweite Position

Die mangelhafte Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren in der Ausbildung

Gemäß der zweiten Auffassung werden Kommunikationsschwierigkeiten und fehlendes gegenseitiges Verständnis zwischen Architekten und Bauingenieuren als Ursache für die unbefriedigende Qualität der Tragkonstruktionsentwürfe verantwortlich gemacht. Vertreter dieser Richtung in Deutschland sind zahlreiche Persönlichkeiten der Universität Stuttgart und der Universität Dortmund wie Paul Bonatz, Wilhelm Jost, Rudolf Lemmp, Wilhelm Tiedje, Harald Deilmann, Hans Kammerer, Kurt Ackermann und Jürgen Adam.

„Stuttgarter Schule“

Besonders die Professoren der zweiten und dritten „Stuttgarter Schule“ in den siebziger und achtziger Jahren versuchten, Plattformen der Zusammenarbeit zwischen Architekten und Bauingenieuren zu schaffen bzw. eine gemeinsame Sprache zu entwickeln²³: „Hans Kammerer übernahm als Nachfolger von

Wilhelm Tiedje 1965 den Lehrstuhl Grundlagen des Entwerfens und Konstruierens und erneuerte eine weitere Tradition dieser Schule, die vorsah, dass stets ein Architekt innerhalb der Bauingenieurabteilung lehrt, um so die Verbindung zwischen Bauingenieuren und Architekten zu vertiefen. 1974 wurde Kurt Ackermann an den Fachbereich konstruktiver Ingenieurbau in der Nachfolge von Hans Kammerer berufen. Gleichzeitig wurde Kurt Ackermann kooptiertes Mitglied des Fachbereiches Bauplanung bei den Architekten. Das Institut für Entwerfen und Konstruieren bot Lehrveranstaltungen für Architekten und Ingenieure an“. 24

„Dortmunder Modell“

Während an der Stuttgarter Universität das „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ eine Integrationsform zwischen Architekten und Bauingenieuren darstellte, gab es an der Dortmunder Universität eine ähnliche Tendenz. Nach dem Stuttgarter Vorbild entwickelte sich dort eine weitere Integrationsform: das „Dortmunder Modell“, jene einzigartige Institution, in der Architekten und Bauingenieure gemeinsam lehren und lernen. Harald Deilmann, der 1969 von Stuttgart nach Dortmund wechselte und 1972 als Gründungsbeauftragter berufen wurde, hat zusammen mit Stefan Polónyi das Konzept der Stuttgarter Lehre für Architekten und Bauingenieure in Dortmund zum Erfolg geführt. Gleichzeitig wurde von Ted Happold im englischen Bath eine neue erfolgreiche Schule nach der Stuttgarter Idee gemeinsamer Lehre von Architekten und Bauingenieuren initiiert.

Notwendigkeit der Zusammenarbeit

Ein Zitat aus dem Aufsatz „An der Nahtstelle der Disziplinen“ von Kurt Ackermann verdeutlicht Philosophie und Ziele der Lehre am „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ als Zusammenspiel der beiden Disziplinen: „Bauen ist eine Gemeinschaftsarbeit. Nur im gegenseitigen Verständnis und mit vorurteilsfreien Einsichten in die Notwendigkeit einer Zusammenarbeit von Architekten, Bauingenieuren und weiteren Fachleuten ist diese Arbeit zu leisten. Sie ist weder allein die instinktive Tat eines kreativen Baukünstlers, noch die Leistung eines messianischen Bauingenieurs. [...] Die Qualität der Zusammenarbeit bestimmt die Qualität und die Durchgängigkeit der Planung und ihrer gebauten Resultate. Die Voraussetzung allerdings ist eine umfassende Kenntnis des ganzen Bauwerks seitens des Architekten, wie des Ingenieurs“.25

Problem der Kommunikation

In seiner Antrittsvorlesung als Leiter des „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ und Nachfolger Kurt Ackermanns beschrieb Jürgen Adam seine Einstellung zur mangelnden Kommunikation zwischen den Disziplinen folgendermaßen: „Die Kommunikation, die gemeinsame Sprache wird zum eigentlichen Problem. Mehr als je zuvor werden wir Architekten zu Spezialisten des gestaltenden Fügens, des oft kaum Vereinbaren. Um so mehr werden wir unsere Chancen am Institut nutzen und die Zusammenarbeit mit den Bauingenieuren praktizieren, in Kürze hoffen wir, einen Bauklimaticker ins Boot zu holen, und wenn wir es schaffen auch noch andere.“²⁶

Lösung: Integrationsform

Somit verfolgt die zweite Richtung auch heute noch das Ziel, eine „Integrationsform“ oder ein „Bindeglied“ zwischen Architekten und Bauingenieuren in der Ausbildung darzustellen, um von Anfang an die spätere Zusammenarbeit zu üben bzw. schon früh eine gemeinsame Sprache zu entwickeln.

Die Forderung nach einer engeren Kooperation zwischen beiden Disziplinen beschränkt sich jedoch nicht nur auf die oben genannten Persönlichkeiten. In der Literatur, die Tragkonstruktionen im ganzheitlichen Sinne behandelt, finden sich solche Stimmen immer wieder. So weist auch Jürgen Joedicke in seinem Buch „Schalenbau“ auf die Notwendigkeit der Zusammenarbeit hin: „Es dürfte eine der wichtigsten Aufgaben der Zukunft sein, das Verständnis für die Arbeit des anderen zwischen den beiden Berufsgruppen zu fördern. Diese Forderung ist nicht neu. Sie wird seit langem immer wieder erhoben. Aber selbst ein Mann wie Pier Luigi Nervi, der sich wie kaum ein anderer auf diesem Gebiet bemüht hat, muss heute bekennen, wie gering die Erfolge sind. Die Dringlichkeit der Lösung dieses Problems ist unbestritten, es bleibt nichts anderes übrig, als in immer neuen Ansätzen Wege für das gegenseitige Verständnis zu ebnen.“²⁷

Zusammenfassung

Die zweite Position bemängelt somit die unzureichende Kommunikation zwischen Architekten und Bauingenieuren. Als Lösungsansatz schlagen ihre Vertreter die frühzeitige Zusammenführung und Integration beider Disziplinen vor.

„Ingenieurbauten“ – die monokausale Betrachtungsweise der Bauingenieure

Die dritte Richtung beschränkt das Problem der Qualitätsmängel auf sogenannte Ingenieurbauten. Sie stellt die vorherrschende Richtung dar, da sie von zahlreichen Architekten und Bauingenieuren akzeptiert wird. Im weitesten Sinne ist sie durch die Aufgabenverteilung zwischen Architekten und Bauingenieuren geprägt. Die Bezeichnungen „Architekt“ und „Bauingenieur“ und die damit verbundene scharfe Trennung bestimmen hier die Betrachtungsweise des Problems.

Auch wenn der „Übergang zwischen den Ingenieurbauten und den Architekturbauten [...] fließend“²⁸ ist, gilt hier dem Grunde nach die Vorstellung: „Für den Prototyp einer architektonischen Form, für ein Wohnhaus braucht der Architekt keinen Bauingenieur.“ Und ebenso: „Der Prototyp des Ingenieurbaus ist die Brücke, und dafür braucht der Ingenieur keinen Architekten.“²⁹ Da die Kritik sich vor allem gegen die Ingenieurbauten richtet, wenden sich auch die Lösungsansätze mehrheitlich an Bauingenieure.

Der weithin bekannte Bauingenieur Jörg Schlaich beschäftigt sich seit langem mit den Ursachen der Qualitätsmängel von „Ingenieurbauten“. Durch seine Bemühungen entstand in den Jahren 1990-1997 an der Universität Stuttgart eine interdisziplinäre Forschungsarbeit mit dem Titel „Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“.³⁰ Die DFG-Forschergruppe FOGIB untersuchte anhand des Brückenbaus die Bewertung von Ingenieurbauten, wobei sie als Motivation Folgendes angab: „Angesichts der heute häufig stereotypen Ingenieurbauten in Deutschland, besonders der Brücken, beklagen die Mitglieder der Forschergruppe deren kulturellen Niedergang und ungenügende Rücksichtnahme gegenüber menschlichen und natürlichen Empfindsamkeiten. Sie mahnen bei den Verantwortlichen in der Verwaltung, den Entwurfsbüros und der Bauausführung mehr Phantasie und Experimentierfreudigkeit an, unter Ausschöpfung des heute immens erweiterten naturwissenschaftlich-technischen Wissens. Dies ist nicht nur im Interesse der Baukultur, sondern fördert auch die Akzeptanz der Technik in einem vom technischen Fortschritt abhängigen Land und die Attraktivität des

Bauingenieurberufs für einen kreativen und begabten Nachwuchs“.³¹

Die DFG-Forschergruppe sprach hier also sowohl diejenigen an, die das genannte Problem nicht wahrnehmen bzw. nicht wahrnehmen können, als auch diejenigen, die den Rückschritt zwar wahrnehmen, aber seine Ursache nur auf die wirtschaftlichen oder statischen Gründe reduzieren. Allerdings akzeptierte die Forschergruppe den Begriff “Ingenieurbau“.

Zusammenfassung

Die dritte Position nimmt das Problem hauptsächlich in Verbindung mit einem bestimmten Bautyp (Ingenieurbau) wahr. So sieht diese Richtung die Ursache oft in der monokausalen Betrachtungsweise der Bauingenieure. Als Grund für die unzureichende Qualität wird häufig angeführt, dass sich Bauingenieure beim Entwerfen von Tragkonstruktionen ausschließlich auf wirtschaftliche oder statische Faktoren beschränken.

Wie eingangs bereits erwähnt, fällt eine eindeutige Abgrenzung zwischen den drei Richtungen schwer. Darüber hinaus existieren noch weitere Standpunkte, deren Erwähnung an dieser Stelle jedoch zu weit führen würde.

• Eigene Problemdarstellung

Fehlender Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

Bei einer Vielzahl zeitgenössischer Bauten lässt sich ein fehlender bis unzureichender Einklang zwischen Tragkonstruktion und Architektur erkennen. Der hier eingeführte Begriff des Einklangs bezeichnet ein Wunsch-Verhältnis, das die Tragkonstruktion als integratives Element harmonisch in das Ganze des Bauwerks eingefügt sieht. Dabei bildet eine harmonische Abstimmung aller entwurfsbestimmenden Kriterien der Nutzung und Gestalt sowie die optimierte Umsetzung konstruktiver Regeln das Rückgrat dieses Wunsch-Verhältnisses.

Vielfältige Erscheinungsformen

Der fehlende Einklang tritt in verschiedenen Erscheinungsformen unterschiedlicher Intensität auf und zeigt sich in der architektonischen Qualität eines Bauwerks.³² Im günstigsten Fall äußert sich dieser Mangel in der architektonischen Erscheinung durch eine fehlende bzw. unzureichende Reaktion der

Tragkonstruktion auf die spezifischen Anforderungen der Bauaufgabe. Im ungünstigsten Fall besteht ein Widerspruch zwischen dem Entwurf der Tragkonstruktion und dem Gesamtentwurf. So kann die Tragkonstruktion entweder im Widerspruch zum Nutzungskonzept, der gestalterischen Idee oder dem konstruktiven Prinzip stehen.

Beispiele

Beispielhaft lässt sich anführen, dass die Erscheinungsformen vom fehlenden Beitrag der Tragkonstruktion einer Brücke zu ihrer Integration in den räumlichen, städtebaulichen oder sozialen Kontext, über den Widerspruch zwischen der Form der Tragkonstruktion und der Nutzung des Bauwerks (siehe die Kirche von San Jose von Candele³³) bis hin zu einer unstimmgigen Stützenstellung mit der Grundrissgliederung eines Hochhauses reichen. Der fehlende Einklang ist jedoch bei den Bauaufgaben am offensichtlichsten, bei denen die Tragkonstruktion den Großteil der an das Bauwerk gestellten Anforderungen zu erfüllen hat (z.B. beim Brückenbau).

Gemeinsames Maß zur Betrachtung des Einklangs

Aufgrund derart verschiedener Betrachtungsweisen - nicht nur zwischen Architekten und Bauingenieuren, sondern auch innerhalb der Disziplinen selbst sowie durch grundsätzlich subjektiv geprägte Positionen - sind diese Erscheinungsformen unter Umständen umstritten und interpretierbar. Zur Beseitigung dieses grundsätzlichen Problems ist folglich ein **gemeinsames Maß** von entscheidender Bedeutung. Daher wird in der vorliegenden Arbeit ein Instrumentarium für die Festlegung des Begriffs „Einklang“ entwickelt.

Nord - Süd Gefälle bei der Problemwahrnehmung

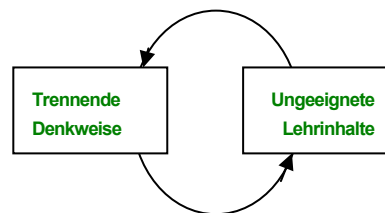
Das Problem findet sich in Industrieländern³⁴ und noch deutlicher in Entwicklungsländern in unterschiedlich starker Ausprägung. Nach Meinung des Verfassers ist der Grund hierfür jedoch nicht im unterschiedlichen Stand der Technik oder mangelndem Wohlstand zu suchen. Vielmehr liegt der Unterschied im Gefälle der Problemwahrnehmung und den damit verbundenen Bemühungen zur Ursachenbeseitigung begründet. Die Arbeiten, die dieses Problem behandeln, und die aus ihnen hervorgegangenen Lösungsansätze bescheinigen den Industrieländern, im Vergleich zu den Entwicklungsländern, eine bewusstere Auseinandersetzung mit der Thematik. Dennoch sollte überall ein noch stärkeres

Augenmerk auf die Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Tragkonstruktion und Architektur gerichtet werden. Allerdings steht die weithin verbreitete - nach Meinung des Verfassers jedoch nicht zutreffende - Vorstellung, dass der erwünschte Einklang der Wirtschaftlichkeit widerspricht, einer tieferen Beschäftigung besonders in den Entwicklungsländern im Wege.

- **These**

Teufelskreis: trennende Denkweise und Schwächen der Lehre

Die Hauptursache für den fehlenden Einklang liegt in einer verfestigten Denkweise, die zwischen den Disziplinen trennt, sowie fehlenden Lehrinhalten zur Zusammenführung von Tragkonstruktion und Architektur. Denkweise und Lehre bilden somit einen Teufelskreis.



Teufelskreis von Denkweise und Lehre

Trennende Denkweise

Kein Zitat vermag diese trennende Denkweise besser zu veranschaulichen als das folgende Bild. (Abb. 1.2)

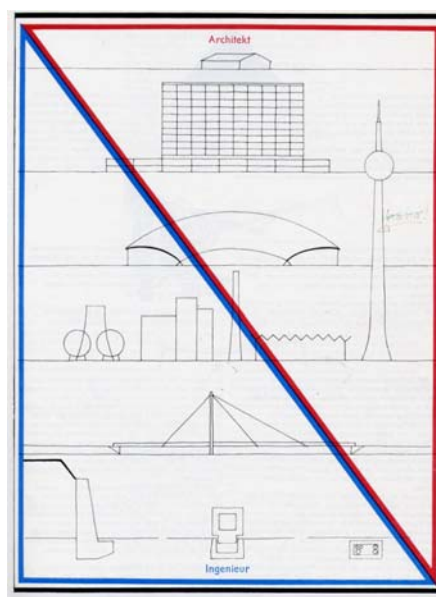


Abb.: 1.2 Zusammenarbeit des Ingenieurs und des Architekten bei verschiedenen Bauwerksarten (nach Büttner / Hampe)

Obwohl dieses Schema von Büttner und Hampe laut Bildunterschrift die "Zusammenarbeit des Ingenieurs und des Architekten bei verschiedenen Bauwerken" verdeutlichen soll, offenbart es vielmehr die Aufteilung der Bauaufgaben. So wird festgelegt, bei welcher Bauaufgabe der Architekt bzw. der Bauingenieur seinen Anteil beisteuert. Statt zu einer gemeinsamen Auseinandersetzung über die bestimmenden Entwurfskriterien und -konzepte kommt es so zu einer Verhärtung der Rollenverteilung. Auf diese Weise kann der erwünschte Einklang von Tragkonstruktion und Architektur unmöglich verwirklicht werden.

Schwächen der Lehre im etablierten
Ausbildungssystem

Im Bereich der Lehre liegt die Ursache darin begründet, dass die Zusammenhänge zwischen Tragkonstruktion und Architektur nicht in einer ausgewogenen und geeigneten Form verdeutlicht werden. Dies gilt besonders **für das etablierte Ausbildungssystem, das eine absolute Trennung von Architekten und Bauingenieuren aufweist**. Das Bauingenieursstudium grenzt sich jedoch besonders gegenüber dem architektonischen Bereich ab. Eine solche Lehre verursacht auf Seite der Bauingenieure eine monokausale Betrachtungsweise von Tragkonstruktionen und bedingt gleichzeitig eine ablehnende Haltung durch Architekten.

Stefan Polónyi, einer der Begründer des „Dortmunder Modells“ und namhafter Hochschullehrer, der sich wie kaum ein anderer mit dem Thema beschäftigt hat, schrieb über die ungeeignete Form der Lehre: „Hierbei stellt sich als erstes die Frage, ob es überhaupt sinnvoll ist, das Tragverhalten von Tragwerken aus abstrakten Baustoffen zu lehren. Schließlich ist es nicht Ziel der Ausbildung, die geschichtliche Entwicklung der Mechanik zu vermitteln, sondern die Studenten sollen das effektive Tragverhalten einer Konstruktion quantifizieren lernen. Das Argument, dass die Studenten eine theoretische Basis haben müssen, ist richtig. Aber es ist falsch, dass diese theoretische Basis mit Materialeigenschaften erarbeitet wird, die es bei keinem Baustoff gibt. Wir können die Naturwissenschaften nicht so lehren, wie wir uns die Natur vorstellen, sondern wir müssen sie so lehren, wie sie durch Erfahrung erkennbar sind. Wenn man die landläufige Lehrmethode des Bauingenieurwesens auf das Gebiet der Biologie übertrüge, dann müssten die Studenten in der Unterstufe die ‚Aristotelische

Zoologie' lernen, und in der Oberstufe würde ihnen eröffnet werden, dass das Einhorn ein Fabeltier ist.“³⁵

Die aktuelle Tendenz vieler Lehrstühle, sich mit der Lehre der Tragkonstruktion zu beschäftigen, ist nach Meinung des Verfassers ein Versuch, die negativen Einflüsse der trennenden Denkweise zu aufzuheben. Als Beispiel lässt sich die Umbenennung des "Instituts für Massivbau" in „Institut für Konstruieren und Entwerfen I“ sowie des "Instituts für Stahlbau" in "Institut für Konstruieren und Entwerfen II" zu Beginn der 90er Jahre an der Universität Stuttgart nennen.

Zusammenfassung

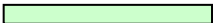

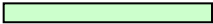
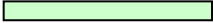
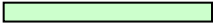
Zusammenfassend kann man feststellen, dass die trennende Denkweise einerseits viele Bereiche wie Bauforschung, Bauindustrie etc. beeinflusst, sich andererseits aber auch in der Lehre und den Lehrinhalten an sich, in der Vorgehensweise beim Entwerfen von Tragkonstruktionen und der Bewertung und Betrachtungsweise eines Entwurfs niederschlägt. So manifestiert sich diese Art der Lehre, die immer wieder die gleiche trennende und ausgrenzende Denkweise reproduziert.

Schlussbemerkungen

Abschließend soll noch bemerkt werden, dass die vorliegende Untersuchung lediglich als Grundlage für eine weitere intensivere Beschäftigung mit dem Thema gedacht ist, denn viele der behandelten Schwerpunkte würden eine eigenständige Untersuchung verdienen. Da sich aufgrund des Umfangs eines derart weitgefassten Themas ein umfassender Ansatz jedoch von selbst verbietet, wurde Vollständigkeit weder thematisch noch bezüglich der ausgeführten Analysen und Vergleiche oder gar in Detailinformationen angestrebt. Vielmehr standen hier die Art der Herangehensweise, die Prioritätssetzung, eine konsequente Selektion, systematische Aspekte und die Überschaubarkeit der Untersuchung im Vordergrund.

Nachdem mit der Aufstellung der Verfasserthese nun der erste Untersuchungsschritt abgeschlossen ist, beginnt im zweiten Kapitel der Einstieg in die theoretischen Grundlagen des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur.

Theoretische Grundlagen zum Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

	These
	
	Grundlagen der Diskussion
	
	Diskussion

2 Theoretische Grundlagen zum Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

2.1 Bedeutung der Tragkonstruktion

2.1.1 Definitionen der Tragkonstruktionsaufgabe

2.1.2 Eigene Definition

2.1.3 Systematik

2.1.4 Erläuterungsbeispiel: Eissporthalle München

2.2 Entwurfskriterien – Entwurfskonzepte und ihr Einfluss auf Tragkonstruktionen

2.2.1 Entstehungsprozess der Entwurfskriterien

2.2.2 Entwurfskonzepte - individuelle Auffassungen

2.3 Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

2.3.1 Voraussetzungen

2.3.2 Arten und Verhältnisse der Tragkonstruktionsbeiträge

2.3.3 Erläuterungsbeispiele

Zusammenfassung

2. Theoretische Grundlagen zum Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

Der Mensch als Anlass allen Planens und Bauens

“Alles Gebaute ist um der Menschen willen da, ihrer geistigen und seelischen Wahrnehmung, ihrer körperlichen und seelischen Existenz.“³⁶ Diese vom Kunsthistoriker Theodor Hetzer vor über 50 Jahren formulierte, umfassende Auffassung vom Bauen bezeichnet zweierlei: zum einen gilt der Mensch als eigentlicher Anlass allen Planens und Bauens. Seine physischen und psychischen Bedürfnisse, seine sozialräumlichen Belange, sein Zusammenleben in Räumen und Gebäuden, sein natürlicher Raum und sein bauliches Umfeld sind das Ziel aller Entwurfs- und Planungsprozesse - sei es die Planung einer Millionenstadt oder der Detailentwurf innerhalb eines Bauwerks. Zum anderen bestimmen die menschlichen Bedürfnisse alle Aufgaben eines Bauwerkes und seiner Einzelteile, wie der Raum selbst, die raumabschließenden Teile, der technische Ausbau oder die Tragkonstruktion.

Existenzielle Bedeutung der Tragkonstruktion

Die Tragkonstruktion hat für das Gebaute eine existenzielle Bedeutung. Der amerikanische Entwurfslehrer Heino Engel formulierte diese wie folgt: „Nur durch ihre Tragwerke können die materiellen Formen der Umwelt sie selbst bleiben und damit ihre Funktion erfüllen. Tragwerke sind die eigentlichen Bewahrer der Funktionen der materiellen Umwelt in Natur und Technik. [...] Ohne Tragwerke gäbe es keine Objekte der materiellen Umwelt des Menschen, belebt oder unbelebt, gewachsen oder gebaut.“³⁷

Gliederung des Kapitels

Die Auseinandersetzung mit der Bedeutung bzw. Aufgabe der Tragkonstruktion sowie ihre Wirkung im Rahmen der Entwurfskriterien eines Bauwerks stellt die Basis der vorliegenden Untersuchung dar.³⁸ Dabei sind die theoretischen Grundlagen, die in diesem Kapitel erläutert werden, folgendermaßen untergliedert:

- Bedeutung der Tragkonstruktion im Gebauten
- Entwurfskriterien - Entwurfskonzepte und ihr Einfluss auf die Tragkonstruktion
- Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

2.1 Bedeutung der Tragkonstruktion

Notwendigkeit einer präzisen Definition

Unterschiedliche Denkweisen und unpräzise Formulierungen haben unterschiedliche Definitionen der Aufgabe von Tragkonstruktionen zur Folge. Das Bestreben, eine gemeinsame und präzise Definition zu finden, bedingt notwendigerweise eine Beschäftigung mit den unterschiedlichen Auffassungen von Tragkonstruktionen im Gebauten.

Unter gemeinsamer Definition wird hier eine Formulierung verstanden, die die Gesetzmäßigkeiten der Tragkonstruktion sowie ihren Bezug zur Architektur soweit wie möglich berücksichtigt und die Ansichten von Architekten wie Bauingenieure aufgreift.

Eine genaue definitorische Eingrenzung soll nicht nur zwischen der Aufgabe einer Tragkonstruktion in einem Einfamilienhaus und einer Brücke unterscheiden, sondern auch zwischen Bauwerken des gleichen Bautyps und ähnlichen Randbedingungen differenzieren können. (Zum Beispiel zwischen dem unten abgebildeten AT & T-Gebäude in New York von 1978 und dem Hauptverwaltungsgebäude der Hongkong und Shanghai Bank aus dem Jahr 1986.) (Abb. 2.1 - 2.2)



Abb. 2.1: Das AT&T Building in New York von Philip Johnson und John Burgee.



Abb. 2.2: Die Hauptverwaltung der Hongkong und Shanghai Bank in Shanghai von Foster Association.

Zunächst werden nun unterschiedliche Definitionen der Aufgabe von Tragkonstruktionen dargestellt. Dem folgt die eigene Definition, welche durch ein Erläuterungsbeispiel ergänzt wird.

2.1.1 Definitionen der Tragkonstruktionsaufgabe

Der Grossteil der einschlägigen Fachliteratur weist zwei herrschende Meinungen bzw. Richtungen auf:

Vorherrschende Meinung unter Bauingenieuren

Die folgende Position findet sich besonders häufig³⁹ im Bereich des Bauingenieurwesens:

„Die Aufgabe des Tragwerks ist es, alle auf ein Bauwerk wirkenden Lasten unter Einhaltung der Gebrauchsfähigkeit und der Standsicherheit aufzunehmen, weiterzuleiten und in den Baugrund zu übertragen. Dabei sind alle statischen und konstruktiven Randbedingungen einzuhalten.“⁴⁰ Unter Gebrauchsfähigkeit wird hierbei verstanden, dass das „Tragwerk für die geplante Nutzung funktionstüchtig [ist]. Das heißt, Verformungen (Durchbiegungen und Verschiebungen) sind so gering, dass sie ohne Beeinträchtigung des Gebrauchs ertragen werden können.“⁴¹ Standsicherheit wird dem Sinn nach folgendermaßen festgelegt: „Die Ableitung aller auftretenden vertikalen und horizontalen Lasten ist gewährleistet. Verformungen können aber so groß sein, dass das Gebäude in seiner Nutzung nicht eingeschränkt ist.“⁴²

Kritik

Diese Definition ist zwar grundsätzlich richtig, sie beschränkt sich jedoch auf die Standsicherheit bei der Aufnahme von Lasten, auf die Umleitung der Kräfte und deren Weitergabe in den Baugrund, also auf die Tragfunktion.⁴³ Die Frage, welche Bedeutung die Tragkonstruktion – neben ihrer Funktion – für die spezifische Bauaufgabe hat und von welchen Einflussfaktoren diese Bedeutung im allgemeinen bestimmt wird, wird selten gestellt und in noch weniger Fällen zufriedenstellend beantwortet.

Definition unter Architekten

Im Architekturbereich wird nicht selten versucht, die Aufgabe der Tragkonstruktion als Gestaltungsmittel bzw. Gestaltungselement in den Vordergrund zu rücken.

Ein Beispiel: „Tragwerke sind neben der Gestaltung von Raum- und Gebäudeformen, neben qualitativer Wegführung und

Blickorientierung, neben Lichtführung und Lichtqualität sowie neben Farb- und Materialentscheidungen wesentliche Gestaltungselemente in der Architektur und Innenarchitektur.“⁴⁴ Und erst an späterer Stelle heißt es: „Natürlich hat ein Tragwerk auch ‚dienende Aufgaben‘ zu erfüllen, nämlich Kräfte und Lasten in den Baugrund abzuleiten und dort sicher zu gründen.“⁴⁵

Kritik

Diese Auffassung widmet den Gesetzmäßigkeiten der Tragkonstruktion nur wenig Aufmerksamkeit. Solche oder ähnliche Definitionen erweisen sich für die Erfassung der unterschiedlichen Tragkonstruktionsaufgaben in der Praxis folglich als zu grob, zu allgemein und wenig hilfreich. Auch Jürgen Joedicke äußerte sich dementsprechend: „Wenn betont wird, dass die Konstruktion große Bedeutung für die Formgestaltung habe, so muss dem entgegengehalten werden, dass diese allgemeine und letztlich auch unbestimmte Wertschätzung nicht ausreicht, um der Sache gerecht zu werden, denn sie kann zu einer Fehleinschätzung der Möglichkeiten der Konstruktion und damit auch der Architektur verleiten.“⁴⁶

Aufgabe der Tragkonstruktion nach
Heino Engel

Heino Engel lieferte in seinem Buch „Tragsysteme“ bereits eine präzisere Erklärung der Bedeutung von Tragkonstruktionen:

„Besonders in der Architektur kommt dem Tragwerk grundsätzliche Bedeutung zu:

- Das Tragwerk ist primäres und solitäres Instrument zur Erzeugung von Form und Raum. Durch diese Funktion wird das Tragwerk zum grundlegenden Mittel für die Gestaltung der materiellen Umwelt.
- Das Tragwerk beruht auf der Konsequenz naturwissenschaftlicher Gesetze. Dementsprechend kommt dem Tragwerk unter den gestaltgebenden Kräften der Architekturplanung der Rang einer absoluten Norm zu.
- Das Tragwerk verfügt gleichwohl in seinem Bezug zur Baugestalt über einen unbegrenzten Interpretationsspielraum. Das Tragwerk kann durch Bauform komplett verborgen werden; es kann ebenso auch zur Bauform selbst, d.h. zur Architektur werden.

- Das Tragwerk verkörpert den Gestaltungswillen des Planers, Form, Materie und Kräfte zu vereinen. Das Tragwerk liefert somit ein ästhetisches, kreatives Medium in der Gestaltung und Erfahrung von Bauwerken

Hieraus wird gefolgert: Tragwerke bestimmen Bauwerke in grundsätzlicher Weise: ihre Entstehung, ihr Dasein, ihre Wirkung.“

47 Allerdings beschränkt Engel die Aufgabe der Tragkonstruktion noch immer auf ihre tragende Funktion, wenn er schreibt: „Tragwerke in Natur und Technik haben die Aufgabe, nicht nur das eigene Objektgewicht zu kontrollieren, sondern darüber hinaus zusätzliche Lasten (Kräfte) zu übernehmen.“ **48**

Zusammenfassend lässt sich bei beiden Richtungen feststellen, dass sie einer umfassenderen Definition nur sehr wenig Beachtung schenken. Dennoch gibt es verschiedene Versuche der ganzheitlichen Definition von Tragkonstruktionen, von denen hier zwei herausgegriffen und dargestellt werden.

Aufgabe der Tragkonstruktion
nach Hampe & Büttner

Bereits in den 1980er Jahren beschäftigten sich der Architekt Hampe und der Bauingenieur Büttner mit dem Thema. Diese Zusammenarbeit brachte die Veröffentlichung „Bauwerk Tragwerk Tragstruktur“ hervor, die grundlegende Bedeutung erhalten sollte. Im Kapitel „Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Tragwerk“ wird der Stellenwert des Tragwerkes innerhalb eines Bauwerks weiter differenziert. Die Zuordnung von Bau- und Tragwerken richtet sich hier nach dem Umfang, in dem sich das Tragwerk an der Erfüllung der Bauwerksfunktion beteiligt. **49** Die folgende Abbildung veranschaulicht diese Zuordnung. (Abb. 2.3)

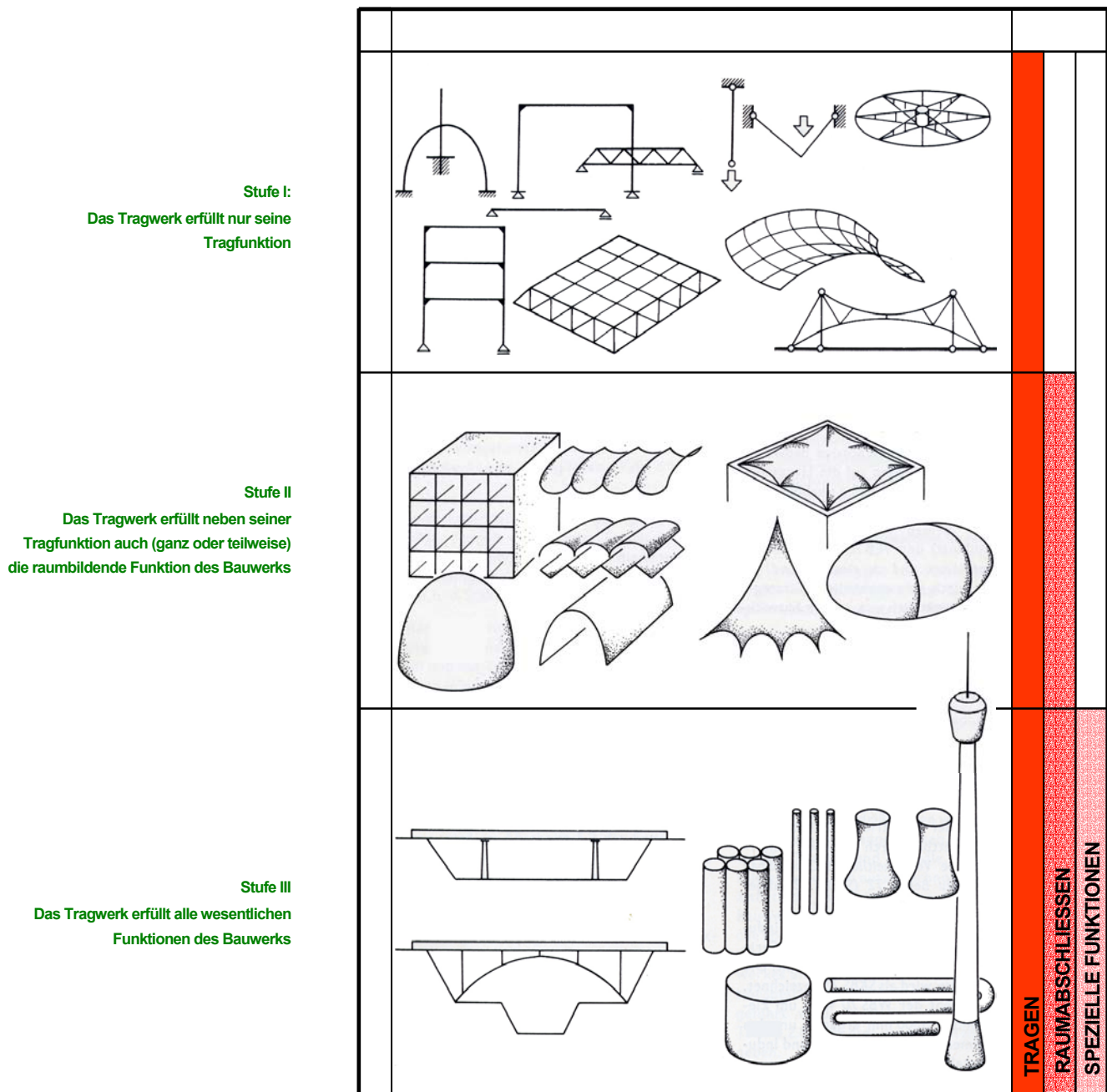


Abb. 2.3: Zuordnung von Bauwerk und Tragwerk auf der Grundlage der vom Tragwerk erfüllten Funktionen (nach Büttner / Hampe)

Bedeutung und Aufgabe der Tragkonstruktion nach Kurt Ackermann

Kurt Ackermann beschäftigte sich ebenfalls mit der Bedeutung und Aufgabe von Tragkonstruktionen. In seinem Buch „Tragwerke in der konstruktiven Architektur“ schrieb er im Kapitel „Bedeutung der Tragwerke“: „Das Tragwerk hat die Aufgabe, alle auf ein Bauwerk einwirkenden Lasten aufzunehmen, unter Einhaltung der Gebrauchsfähigkeit (Verformung, Instandhaltung) sicher zu übertragen und in den Baugrund abzuleiten. Das gesamte Tragwerk muss in sich standsicher sein (Aussteifung, sicheres Weiterleiten der Kräfte) und sicher mit dem Baugrund verbunden sein. Neben

der Aufgabe, die Standsicherheit und Tragfähigkeit eines Bauwerks sicherzustellen, leistet das Tragwerk einen Beitrag zum Erscheinungsbild dieses Gebäudes.“⁵⁰

Diesen Beitrag bezeichnet Ackermann als „formale Bedeutung“.⁵¹ Den entscheidenden Faktor bildet hierbei die Art und Weise, wie die Konstruktion sichtbar gemacht wird. Er differenziert zwischen prinzipiellen Möglichkeiten beim „Zeigen des Tragwerks und seiner Teile [...]“:

- Das gesamte Tragwerk mit allen seinen Teilen liegt außen, die einzelnen Elemente zur Abtragung der Vertikal- und Horizontallasten sind erkennbar
- Teilsysteme des Tragwerks wie die Stützkonstruktionen liegen außen, die anderen Teilsysteme liegen im Innern des Bauwerks. Das Tragverhalten und das Zusammenwirken der einzelnen tragenden Teile sind nicht auf den ersten Blick zu erfassen.
- Das gesamte Tragwerk wird von dem Raumabschluss umhüllt. Alle tragenden Teile sind im Innenraum ablesbar.
- Das Tragwerk wird außen und innen vollständig umhüllt. Tragende Teile sind weder von innen noch von außen erkennbar.
- Mischformen der genannten Möglichkeiten.“⁵²

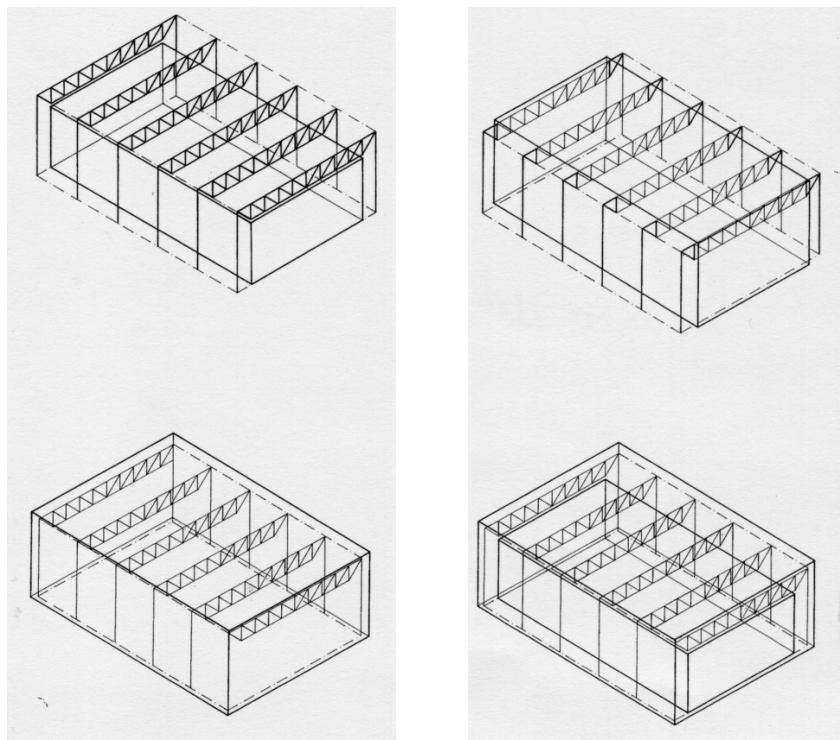


Abb. 2.4: Möglichkeiten der bildnerischen Demonstration eines Tragwerks und seiner Teile (nach Ackermann)

Alle oben genannten Definitionen der Aufgabe und Bedeutung von Tragkonstruktion im Gebauten lassen einen Großteil der Entwurfsaspekte teilweise vollständig außer Acht. Nach Meinung des Verfassers bleiben sie daher solange defizitär, wie sie nicht alle Entwurfsaspekte explizit ansprechen

Das zentrale Anliegen des Verfassers liegt dagegen darin, eine gemeinsame und alle Aspekte berücksichtigende, umfassende Definition der Aufgabe und Bedeutung von Tragkonstruktion im Gebauten zu entwickeln. Diese sieht folgendermaßen aus.

2.1.2 Eigene Definition

Aufgabe, Bedeutung und Qualität der
Tragkonstruktion

Die Aufgabe der Tragkonstruktion in einem Bauwerk liegt darin, unterstützende Beiträge zu sämtlichen entwurfsbestimmenden Kriterien seines Nutzungskonzeptes, seiner Gesamtkonstruktion sowie seiner gestalterischen Idee zu liefern - unter Gewährleistung einer nach statischen Regeln weitgehend optimierten Tragfunktion.

Die Bedeutung der Tragkonstruktion in einem Bauwerk wird zunächst gedanklich im Konzept des Entwurfsprozesses definiert und anschließend im Bauresultat durch die Summe aller Beiträge umgesetzt und wahrgenommen.

Die Qualität einer Tragkonstruktion wird wesentlich davon bestimmt, inwieweit es ihr gelingt, integrierter Teil eines neuen Ganzen zu werden, in dem alle Teilaspekte ihren gebührenden Anteil erhalten.

Somit liegt die Aufgabe der Tragkonstruktion nicht nur darin, ihre tragende Funktion sicher zu erfüllen, sondern ebenso in ihren unterstützenden Beiträgen zur Erfüllung aller Anforderungen, die an ein Bauwerk gestellt werden. Unabhängig davon, ob sich diese Anforderungen aus der Nutzung, aus der Gesamtkonstruktion oder der Gestalt ableiten, bleiben sie vielfältig und zum Teil widersprüchlich. Dementsprechend unterscheiden sich die von der Tragkonstruktion zu leistenden Beiträge gravierend von der zuweilen reduzierenden Sicht der ausschließlich konstruktiven Aspekte.

Obiger Definition folgend wird nun die Eissporthalle des Olympiaparks in München als Erläuterungsbeispiel für die unterschiedlichen Beiträge der Tragkonstruktion herangezogen. Zuvor muss jedoch noch eine Untergliederung der vielfältigen Palette an Tragkonstruktionen erfolgen, um ihre Beiträge systematisch betrachten zu können.

2.1.3 Systematik

Zerlegung der Tragkonstruktion in
System, Teil, Fügung

Aus den zahlreichen Ansätzen zur Klassifizierung⁵³ von Tragkonstruktionen bietet sich das Modell von Ackermann an, der die Tragkonstruktion in ihre elementaren Bestandteile zerlegt: seine Dreigliederung beruht auf dem „System“, den „Teilen“ und der „Fügung“⁵⁴.

System: Der Ausdruck „System“ steht für eine bestimmte, funktionale Anordnung von Teilen. Im Gesamtsystem des Tragwerks sind alle Teile durch statische Abhängigkeiten miteinander verknüpft und in ihrer Kräftebeziehung sinnvoll angeordnet. Die Eigenschaften der Tragwerksteile definieren ein bestimmtes Tragsystem und bilden die Grundlage für Tragprinzip und Tragstruktur.⁵⁵

Teile: Tragwerksteile erfüllen eine bestimmte Funktion wie das Abtragen von Lasten über Druck oder über Biegung. Eine Betrachtung der Tragwerksteile ist nur in Bezug auf die Gesamtheit aller geordneten Teile sinnvoll. Werden die Teile aus dem Zusammenhang herausgelöst und isoliert betrachtet, ist ihre Funktion nicht mehr nachvollziehbar. Tragelemente sind die kleinsten Bestandteile des Tragwerks.

Fügung: Fügung wird als das kraftschlüssige Verbinden von Tragwerksteilen unter Berücksichtigung aller Komponenten aus Geometrie, Kraftfluss und Form, ihrer gegenseitigen Beeinflussung und Wirkungsweise definiert. Eine Fügung hat Randbedingungen, die im Begriff der Fügungsebene zusammengefasst werden.

Wenn im Folgenden von Tragkonstruktionsbeiträgen gesprochen wird, ist damit die Summe der Beiträge des Systems, der Teile und der Fügung gemeint.

2.1.4 Erläuterungsbeispiel: Eissporthalle, Olympiapark München



Abb. 2.5: Eissporthalle München

Entwurfsbestimmende Kriterien

Die Eissporthalle im Olympiapark München wurde 1981/82 von Ackermann und Partner als Architekten sowie Schlaich und Partner als Bauingenieuren geplant. Im Jahre 1983 wurde sie fertiggestellt.

Der umbaute Raum beträgt 29.300m^3 und die Nutzfläche ca. 4.135m^2 . Die Grundrissprojektion der Halle entspricht etwa einer Ellipse von 87m Länge und 64m Breite. Der Dachgrat liegt 15,30m, der geschwungene Dachrand zwischen 3,40m und 5,80m über dem Eisfeld.⁵⁶

Aus der Aufgabenstellung des Bauherrn und der daraus folgenden Zielvorstellung des Entwerfers lassen sich die Anforderungen bzw. bestimmenden Entwurfskriterien für das Bauwerk wie folgt zusammenfassen:⁵⁷

- Integration von Landschaft und Architektur
- Leichte, transluzente und stützenfreie Überdachung
- Widerspiegelung von Eigenschaften des Eislaufs wie Eleganz, Leichtigkeit und Heiterkeit in einer zeitgemäßen Technik
- Funktionale Gestalt und Ablesbarkeit der konstruktiven Teile
- Wärmeisolierung und völlige Dichtigkeit der Fassade nicht erforderlich

In einem nächsten Schritt soll nun betrachtet werden, inwieweit der Tragkonstruktionsentwurf auf diese Entwurfskriterien reagiert.

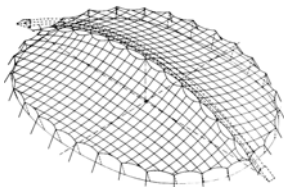
Beiträge des Tragkonstruktionssystems zu den Entwurfskriterien:

Das System

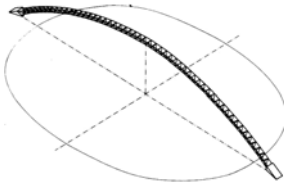
Das Gesamtsystem der Tragkonstruktion setzt sich aus drei Subsystemen zusammen: (Abb. 2.6 - 2.7)

- dem vorgespannten Seilnetz mit der daraufliegenden Dachhaut
- dem Dreigurtbogen
- den am Netzrand entlang angeordneten Pendelstützen mit den Abspannungen.

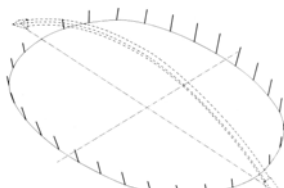
Das Seilnetz überspannt die 4.200m^2 Grundfläche. Bedingt durch die vorgegebene Symmetrie spannen sich zwei gleiche Seilnetzflächen zwischen dem tieferen Netzrand der Pendelstützen



Seilnetz



Dreigurtbogen



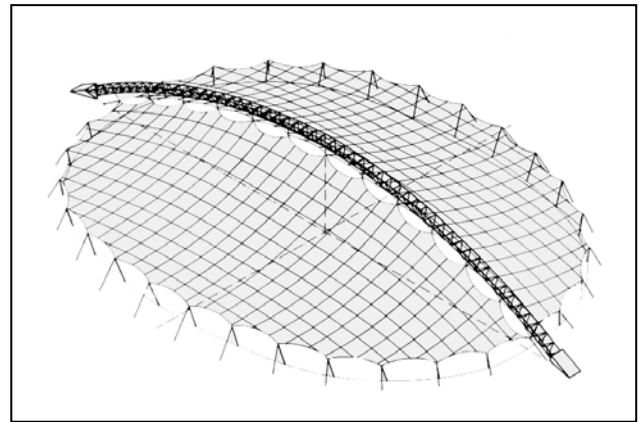
Randstützen

Abb. 2.6: Die drei Subsysteme der Tragkonstruktion

und dem oberen am Bogen abgehängten Grat. Bogen und Seilnetz wirken interaktiv: der Bogen trägt das vorgespannte Seilnetz und wird von diesem in Längs- und Querrichtung stabilisiert.

Abb. 2.7: Isometrie des Gesamtsystems der Tragkonstruktion

1. Dreigurtbogen
2. Gratseil
3. Randseil
4. Seilnetz
5. Stütze
6. Abspannseil



Das Gesamtsystem aus Bogen und Seilnetz zeigt seinen Beitrag zur Hallenüberdachung als gestalterische Leitidee ganz deutlich. Ihre architektonische Gestalt muss sich in den städtebaulichen Rahmen der Gesamtanlage einfügen. Hier gliedert sich das gewählte Tragkonstruktionssystem über seine Form und Gestalt in die Landschaft ein. (Abb. 2.8)

Abb. 2.8: Beiträge des gewählten Systems zu den Entwurfskriterien:

- Integration von Architektur in die Landschaft
- Leichtigkeit, Eleganz der Überdachung
- Ablesbarkeit der Tragkonstruktion im Erscheinungsbild der Halle



Beiträge des Systems

Gleichzeitig unterstützt die Wahl des Seilnetzes mit einer transluzenten, hellen Dachhaut als Subsystem den erwünschten, schwebenden und heiteren Charakter der Halle. Dadurch bleibt die Leichtigkeit, Eleganz und Transparenz der Überdachung - trotz der großen zu überdachenden Fläche - ungestört. Anders als die Reaktion der Tragkonstruktion auf die Landschaft als bestimmendem gestalterischen Aspekt, stellt die

Umsetzungsvariante der Tragkonstruktion hier eine Art dar, die zentrale Nutzungsanforderung mittels einer möglichst großen, stützenfreien Fläche zu erfüllen. (Abb. 2.9)

- Abb. 2.9:**
Beiträge des Systems
im Innenraum der
Halle:
- stützenfreie Nutzfläche
 - Ablesbarkeit des Kraftflusses
 - Leichtigkeit der Überdachung
 - Anwendung neuester Technologien



Nicht zuletzt zeigt das System auch eine bemerkenswerte Leistung hinsichtlich der Ablesbarkeit des Tragprozesses bzw. des Tragverhaltens im Innenraum der Halle sowie nach außen.

Während die Tragkonstruktion der Eishalle den bisher genannten Anforderungen optimal entspricht, trägt sie zum technischen Ausbau wenig bei. Dies ist hier jedoch von untergeordneter Bedeutung, denn der minimale technische Ausbau - keine Wärmeisolierung, keine völlige Dichtigkeit der Fassade - war lediglich eine Randbedingung des Entwurfs. Als Gegenbeispiel lässt sich das 200m von dieser Halle entfernte olympische Schwimmstadion mit seiner Überdachung anführen, bei dem für die Installation und Dämmung eine zusätzliche Konstruktion benötigt wurde.

Optimierte Tragfunktion

Bei eingehenderer Betrachtung der Tragfunktion selbst lässt sich feststellen, dass diese nicht auf beliebige Weise erfüllt, sondern weitgehend nach konstruktiven Regeln optimiert wurde. Dabei umfasst eine solchermaßen optimal abgestimmte Tragfunktion die ganze Bandbreite der intelligenten Umsetzung von statischen Regeln: von der Auswahl des Tragprozesses (Aufnahme, Umleitung und Abgabe der Kräfte) über die Typologieoptimierung der Tragkonstruktion (gewähltes System, Einzelteile und Fügungsprinzip) bis hin zur Form- und Bemessungsoptimierung ihrer Komponenten.**58**

Bogen und Seilnetz

Betrachten wir nun die Umsetzung der statischen Regeln bei den Subsystemen (Bogen und Seilnetz) der Eissporthalle München.

Statische Regeln

Beim Einsatz eines Bogens als statisches System stellt seine Stabilisierung - in der Regel - eine Herausforderung dar. Zur Überwindung dieser Schwierigkeit sieht die Statik mehrere Varianten vor, die in fast jedem baustatischen Buch zu finden sind. Jörg Schlaich fasste zwei Möglichkeiten folgendermaßen zusammen: „Bögen kann man stabilisieren, indem man sie dicker macht [...] [oder] indem man sie mit anderen Bauelementen koppelt.“⁵⁹

Umsetzung

Im vorliegenden Beispiel wurde die zweite Variante gewählt. Allerdings nicht in Form eines neuen Bauelements, das extra für diesen Zweck eingeführt wird, sondern in Form des Seilnetzes. Dadurch entsteht unter den unterschiedlichen Lastfällen ein sinnvoller Kraftfluss im Gesamtsystem.

Tragverhalten

Unter den symmetrischen vertikalen Lasten (wie Eigengewicht oder Vorspannung des Seilnetzes) wird der Bogen - als ein im Wesentlichen druckbeanspruchtes Element - durch das Netz seitlich gehalten und stabilisiert. Gleichzeitig wird die Geometrie des Seilnetzes - als ein rein zugbeanspruchtes Element - durch den Bogen gewährleistet. (Abb. 2.11)

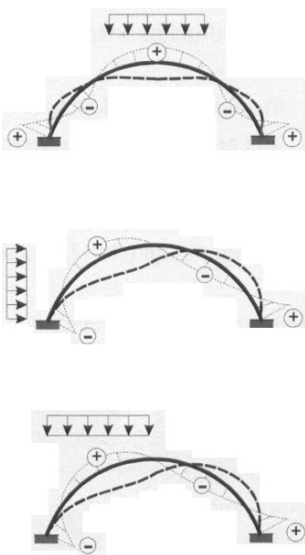
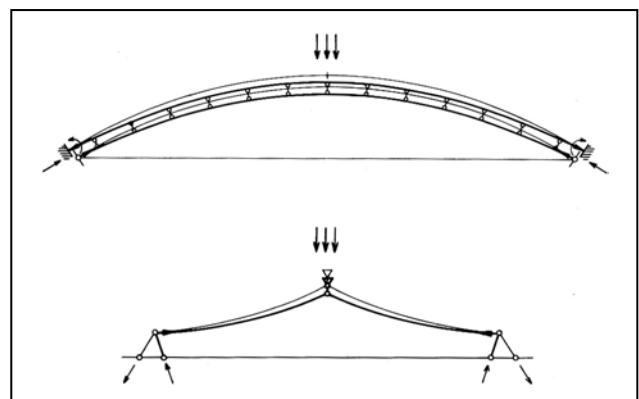


Abb. 2.10: Typisches Tragverhalten eines Bogens bei unterschiedlichen Lastfällen

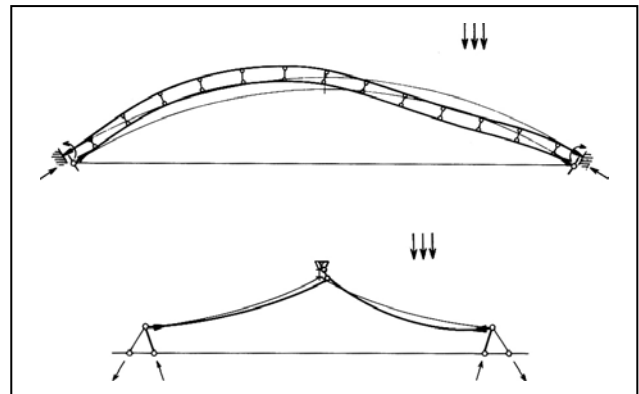
Abb. 2.11: Schema der Verformungsfigur des Bogens und des Seilnetzes in Hallenlängsrichtung unter vertikalen symmetrischen Lasten



Hingegen werden die antisymmetrischen vertikalen Lasten in Hallenlängsrichtung durch Normalkraft- und Biegebeanspruchung des Bogens abgetragen. Das vorgespannte Seilnetz behindert die Anhebung des Bogens im unbelasteten Bereich und reduziert, zusammen mit der Einspannung am Auflager, seine

Biegeverformungen. Die tangentielle Verschiebung des Netzes am Netzrand wird durch die Pendelstützen ermöglicht. (Abb. 2.12)

Abb. 2.12:
Schema der Verformungsfigur des Bogens und des Seilnetzes in Hallenquerrichtung unter antisymmetrischen vertikalen Lasten



In Hallenquerrichtung nehmen die Zugkräfte in den Tragseilen der belasteten Hälfte zu und in den Spannseilen ab, während in der unbelasteten Hälfte die Zugkräfte beider Seilscharen durch die seitliche Auslenkung des Bogens vergrößert werden. Im Bogen selbst treten Normalkräfte, Biegemomente und Torsionskräfte auf. Ein ähnliches Verhalten zeigt das Gesamtsystem bei der Abtragung der horizontalen Lasten.⁶⁰

Somit ist das Tragsystem der Eissporthalle mit seiner sinnvollen Umsetzung der abstrakten statischen Regeln ein gelungenes Beispiel für die Optimierung von Tragfunktionen.

Diese statische Optimierung charakterisiert das Tragverhalten des ganzen Systems, wie auch Kurt Ackermann selbst kommentierte: „Das Tragverhalten ist durch zwei wesentliche Merkmale gekennzeichnet:

- Das ‚interaktive Zusammenwirken‘ des Systems von Bogen und Seilnetz, das die Abtragung aller auftretenden Lasten durch das Gesamttragwerk begünstigt. Die Verformung des Seilnetzes ermöglicht in jedem Lastfall eine Lastumlagerung und somit wird eine Beteiligung aller Tragwerksteile bei der Lastabtragung hervorgerufen.
- Die Vorspannung im Seilnetz, die so groß gewählt werden muss, dass in allen auftretenden Lastfällen Zugkräfte in den Seilen verbleiben.“⁶¹

Diese sinnvolle Tragfunktion ist nicht von den oben dargestellten Beiträgen zu den übrigen Entwurfskriterien zu trennen. Alle unterstützenden Leistungen erfolgen gleichzeitig und parallel zueinander.

Beiträge der Tragkonstruktionsteile zu den Entwurfskriterien:

Tragkonstruktionsteile

Die Hauptteile der Tragkonstruktion im vorliegenden Beispiel sind der Dreigurtbogen, das Seilnetz und die Pendelstützen.

Die Betrachtung der Tragwerksteile ist nur im Kontext aller angeordneten Teile (Tragverhalten des Systems) möglich.⁶² Hier wird der Bogen als Beispiel herausgegriffen und seine Leistung im Hinblick auf die Entwurfskriterien untersucht.

Der Bogen

Der stählerne Bogen ist als Dreigurtquerschnitt ausgebildet. Er ist entlang der Längsachse des Daches bei einem Stich von 16,6m knapp 104m weit gespannt. (Abb. 2.13)

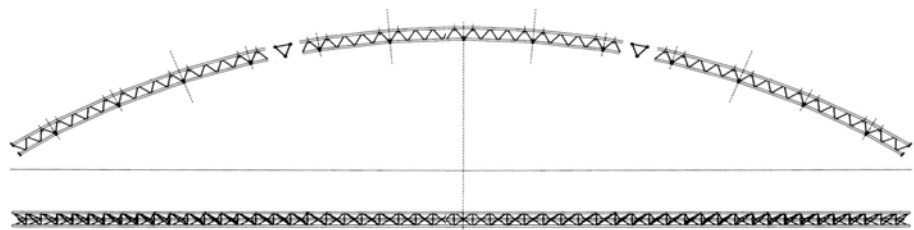


Abb. 2.13: Dreigurtbogen in ein räumliches Fachwerk aufgelöst

Statische Regeln

Als statisches Prinzip für die Form eines Bogens gelten die folgenden zwei Regeln:

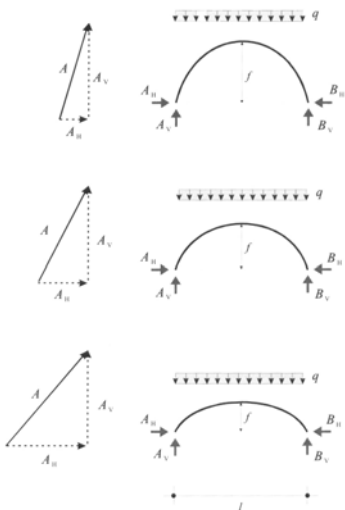
- Die Tragwerksform sollte der Stützlinie für den maßgebenden Lastfall entsprechen und der Querschnittsform der Momentenlinie infolge abweichender Belastung angepasst sein.
- Jede Veränderung der Lastverteilung bzw. der Auflagerbedingungen verändert die Stützlinie und erfordert eine neue Tragwerksform. Die endgültige Tragwerksform stellt daher einen Kompromiss dar. Eine Abweichung von der Stützlinie erzeugt zusätzlich zu den Normalkräften auch Querkräfte und Biegemomente.

Umsetzung

Nun wird die Umsetzung dieser statischen Prinzipien bei der Eissporthalle betrachtet. Kurt Ackermann beschrieb sie folgendermaßen: „Die Bogengeometrie ist das Ergebnis eines

Formfindungsprozesses, bei dem die Proportionen des Innenraumes und die Stützlinie für unterschiedliche Lastfälle gesucht wurden. Als optimaler und formgebender Lastfall für die Festlegung der Bogengeometrie wurde der Lastfall Vorspannung des Netzes zuzüglich zwei Drittel der Volllast ($V + \max. Q$) gefunden. Für diesen Lastfall treten im Bogen nur Druckkräfte auf. Aufgrund der Anpassung der Bogengeometrie an die Stützlinie und des interaktiven Zusammenwirkens von Bogen und Seilnetz konnte der Bogen sehr schlank konstruiert werden ($h = 1,45 \text{ m}$).⁶³

Diese Art von „Formoptimierung“ nach statischen Regeln leistet ihren Beitrag zum freien Grundriss als Nutzungsanforderung sowie zur Gestaltung des Innenraums. (Abb. 2.14)



Variation des Bogenstichs – Einfluss auf die Auflagerkräfte

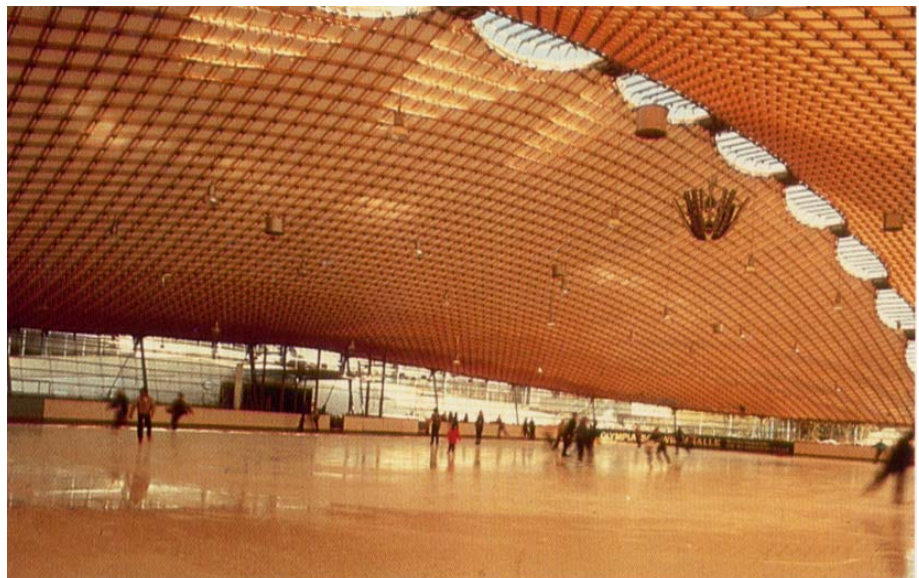


Abb. 2.14: Innenraum der Halle

Eine weitere Art von Optimierung zeigt die Auflösung des Bogens in ein räumliches Dreigurtfachwerk. Dadurch werden die im Bogen auftretenden Momente in Zug-Druckkraft aufgelöst. Die Regeln der Statik lehren uns, dass dies schlanke und elegante Querschnitte bietet. Diese Optimierung stimmt wiederum mit der erwünschten Ablesbarkeit der Tragkonstruktion überein.⁶⁴ Darüber hinaus lässt sich bezüglich des Bogenaufbaus im Erscheinungsbild der Halle kaum eine andere Möglichkeit vorstellen, die gleichermaßen Leichtigkeit ausdrückt. (Abb. 2.15)



Abb. 2.15: Ablesbarkeit der Gesamttragkonstruktion: Tragverhalten und Kräftefluss im Erscheinungsbild der Halle

Beiträge der Fügung zu den Entwurfskriterien:

Fügung

Kurt Ackermann definierte die Fügung „als das kraftschlüssige Verbinden von Tragwerksteilen unter Berücksichtigung aller Komponenten aus Geometrie, Kraftfluss und Form“. ⁶⁵ Besonders in dieser Halle spielt die Fügung eine zentrale Rolle in ihrer baulichen Gesamtkonzeption. Beispielhaft zeugen die unten abgebildeten Fügungen nicht nur durch ihre Erscheinung im Innenraum, sondern auch durch ihr äußeres Erscheinungsbild vom Einsatz modernster Tragwerkstechnik. (Abb. 2.16)

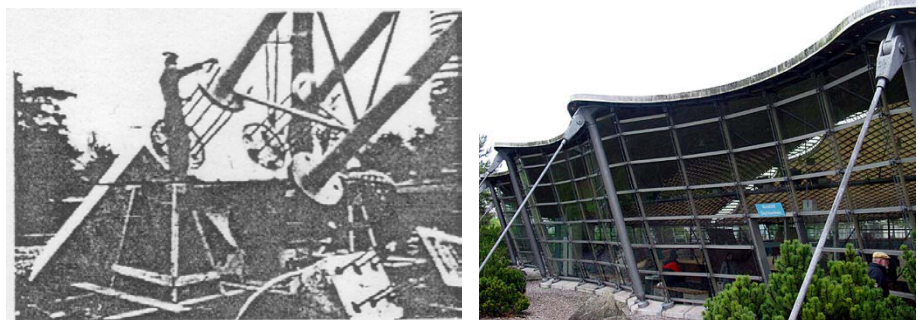


Abb. 2.16: Einsatz modernster Technik

Die vorherigen Seiten haben am Beispiel der Eishalle München die unterschiedlichen Beiträge der Tragkonstruktion (System, Teil, Fügung) zu den Entwurfskriterien aufgezeigt. Die folgenden Schemata illustrieren Aufgabe und Bedeutung der Tragkonstruktion bei der olympischen Eissporthalle. (Abb. 2.17 und 2.18)

**Aufgabe der Tragkonstruktion
bei der olympischen Eissporthalle München**

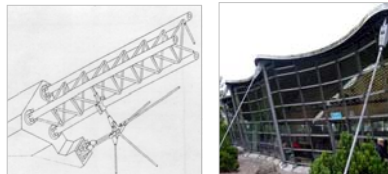
Tragkonstruktionsbeitrag zum
Entwurfskriterium „Integration von
Landschaft und Architektur“
(Gestalt)



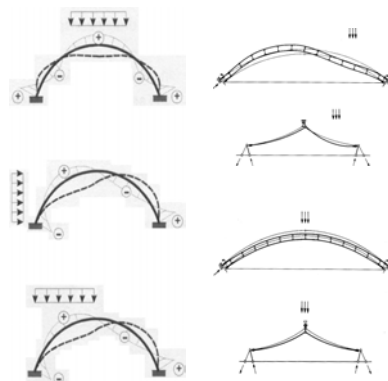
Tragkonstruktionsbeitrag zum
Entwurfskriterium „Leichte, transluzente
und stützenfreie Überdachung“
(Nutzung)



Tragkonstruktionsbeitrag zum
Entwurfskriterium „Einsatz modernster
Technik“
(Konstruktion)



Optimierte Tragfunktion



**Summe aller Beiträge der Tragkonstruktion zur
Nutzung, Gesamtkonstruktion und Gestalt**

Abb. 2.17:

Die **Aufgabe der Tragkonstruktion** in einem Bauwerk liegt darin, unterstützende Beiträge zu sämtlichen entwurfsbestimmenden Kriterien seines Nutzungskonzeptes, seiner Gesamtkonstruktion sowie seiner gestalterischen Idee zu liefern - unter Gewährleistung einer nach statischen Regeln weitgehend optimierten Tragfunktion.

Bedeutung und Qualität der Tragkonstruktion bei der olympischen Eissporthalle München

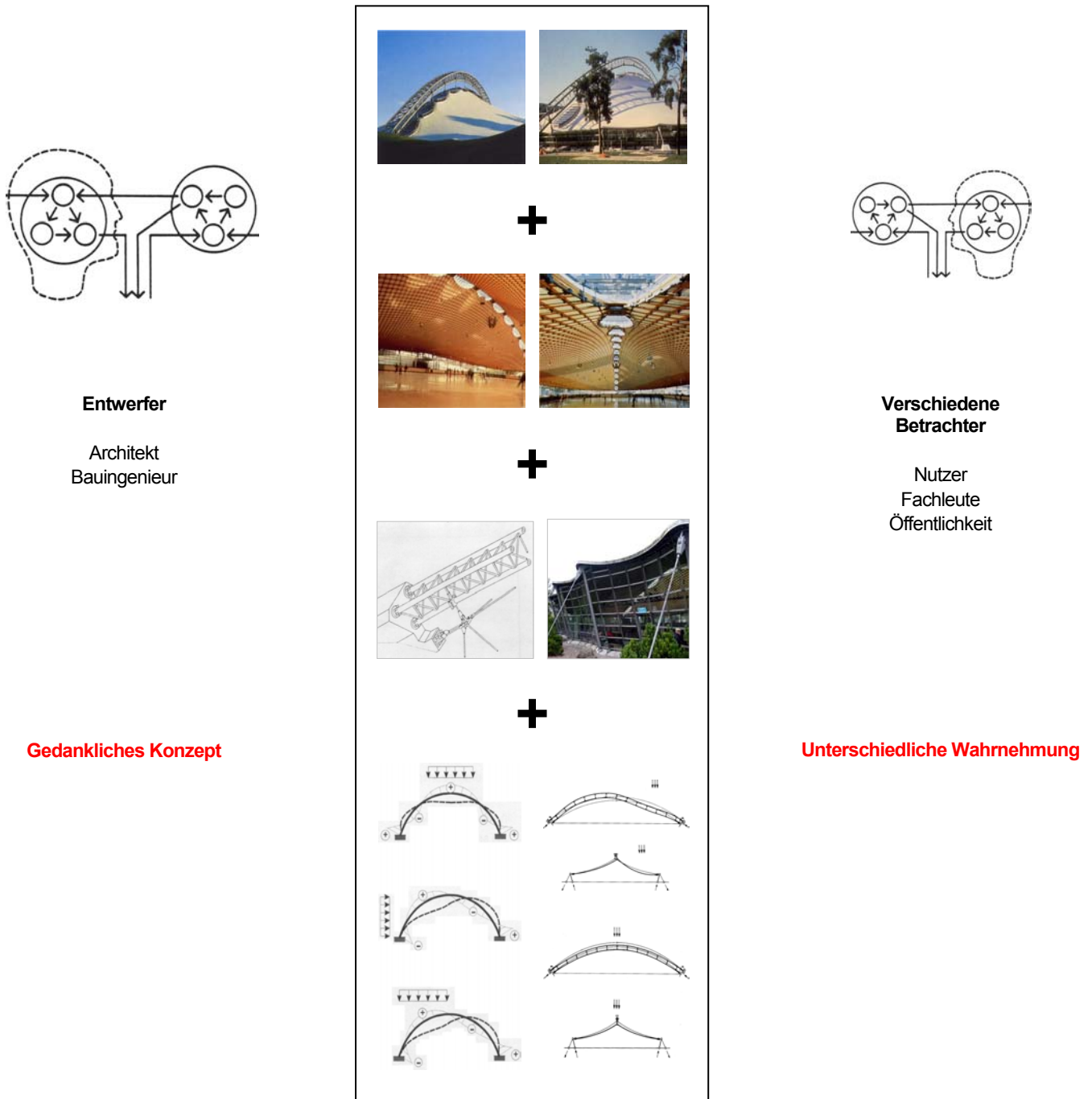


Abb. 2.18:

Die **Bedeutung der Tragkonstruktion** in einem Bauwerk wird zunächst im gedanklichen Konzept des Entwurfsprozess definiert und anschließend im Bauresultat durch die Summe aller Beiträge umgesetzt und wahrgenommen.

Die **Qualität einer Tragkonstruktion** wird wesentlich davon bestimmt, inwieweit es ihr gelingt, integrierter Teil eines neuen Ganzen zu werden, in dem alle Teilaspekte ihren gebührenden Anteil erhalten.

2.2 Entwurfskriterien - Entwurfskonzepte und ihr Einfluss auf Tragkonstruktionen

Nutzung, Konstruktion und Gestalt sind die Basisbereiche eines jeden Bauwerks und stellen die Entstehungsgrundlage für die unterschiedlichen Kriterien des Entwurfsprozesses dar.⁶⁶ Je nachdem, welche Kriterien die Entwurfskonzepte prägen, fällt das Bauresultat anders aus. Somit hängt von der jeweiligen Prioritätssetzung nicht nur das fertige Bauwerk ab, sondern auch die Leistungsbestimmung der Tragkonstruktionsbeiträge. Darin liegt auch die Notwendigkeit begründet, sich mit den Entwurfskriterien und Entwurfskonzepten auseinander zu setzen.

In diesem Unterkapitel wird der Entstehungskontext der Entwurfskriterien näher beleuchtet. Dem folgt eine Betrachtung des Einflusses individueller architektonischer Auffassungen auf die Entstehung von Entwurfskonzepten und die darin beschriebene Aufgabe der Tragkonstruktion. Schließlich wird es um einen Klassifizierungsansatz zur Analyse der Tragkonstruktionsbeiträge im Rahmen von Entwurfskonzepten gehen.

2.2.1 Entstehungsprozess der Entwurfskriterien

Entwurfskriterien entwickeln sich aus dem Zusammenspiel der Grundlagen des Entwerfens und Konstruierens einerseits und den zahlreichen Anforderungen durch die Bauaufgabe andererseits.

Grundlagen des Entwerfens und
Konstruierens

Betrachtet man nur den Bereich des Entwerfens, umfasst dieser physiologische, psychologische, soziologische sowie ökologische Planungsbedingungen.⁶⁷ So entstehen beispielsweise aus physiologischen Anforderungen, wie die menschlichen Körper- und Bewegungsmaße oder die Raumkonditionierung (Belichtungs-, Akustik- und Behaglichkeitsanforderungen), bestimmte Entwurfskriterien. ⁶⁸

Bauaufgabe

Zur Bauaufgabe zählen die Gegebenheiten⁶⁹, Anforderungen⁷⁰, Angebote sowie Wünsche und Ziele. Folglich bilden beispielsweise die Vorstellungen des Bauherrn eine Quelle der Entwurfskriterien. Parallel dazu resultieren aus den finanziellen Spielräumen Chancen

und Einschränkungen gleichermaßen, die die Entwicklung entsprechender Kriterien zur Folge haben.

Die Vielfalt zu berücksichtigender Aspekte, die sich aus den zwei oben angeführten Hauptquellen ergibt, fließt in die Entwurfskriterien mit ein. Im sich anschließenden Selektionsprozess wählt der Entwerfer – nach Absprache mit Entscheidungsträgern wie dem Bauherrn, den Behörden etc. – die für seinen Entwurf relevanten Entwurfskriterien aus. Das folgende Schema veranschaulicht den Entstehungskontext der Entwurfskriterien. (Abb. 2.19)

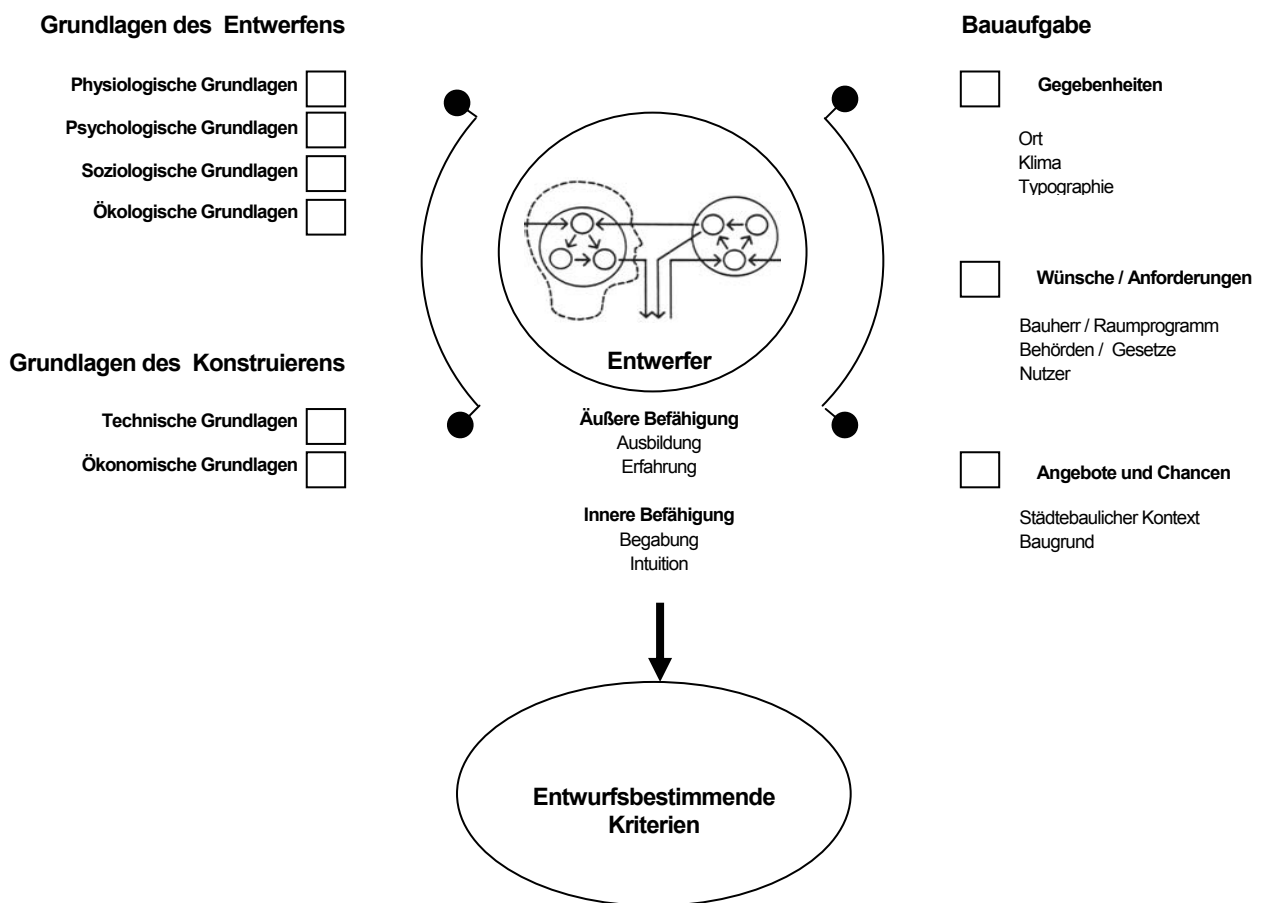


Abb. 2.19: Entstehungskontext der Entwurfskriterien

Gruppen der Entwurfskriterien

Die Entwurfskriterien lassen sich in drei Gruppen einteilen: Nutzungskriterien, konstruktive Kriterien und gestalterische Kriterien. Diese stehen in enger Wechselwirkung zueinander und bilden die Grundlage für unterschiedlich ausgerichtete Entwurfskonzepte.⁷¹

Grundsätzlich zählen selbstverständlich auch wirtschaftliche und ökologische Aspekte zu den entwurfsbestimmenden Kriterien. Da

es dem Verfasser jedoch um die Optimierung der eigentlichen Aufgaben von Architekten und Bauingenieuren geht - die sich auf die Nutzung, Konstruktion und Gestalt eines Bauwerks beziehen -, werden diese Kriterien im theoretische Teil hier außer acht gelassen. Dadurch soll jedoch weder ihre Bedeutung geschmälert noch verkannt werden, dass gerade ökonomische Überlegungen im gesamten Entwurfsprozess einen entscheidenden, wenn nicht sogar den entscheidenden Faktor spielen.

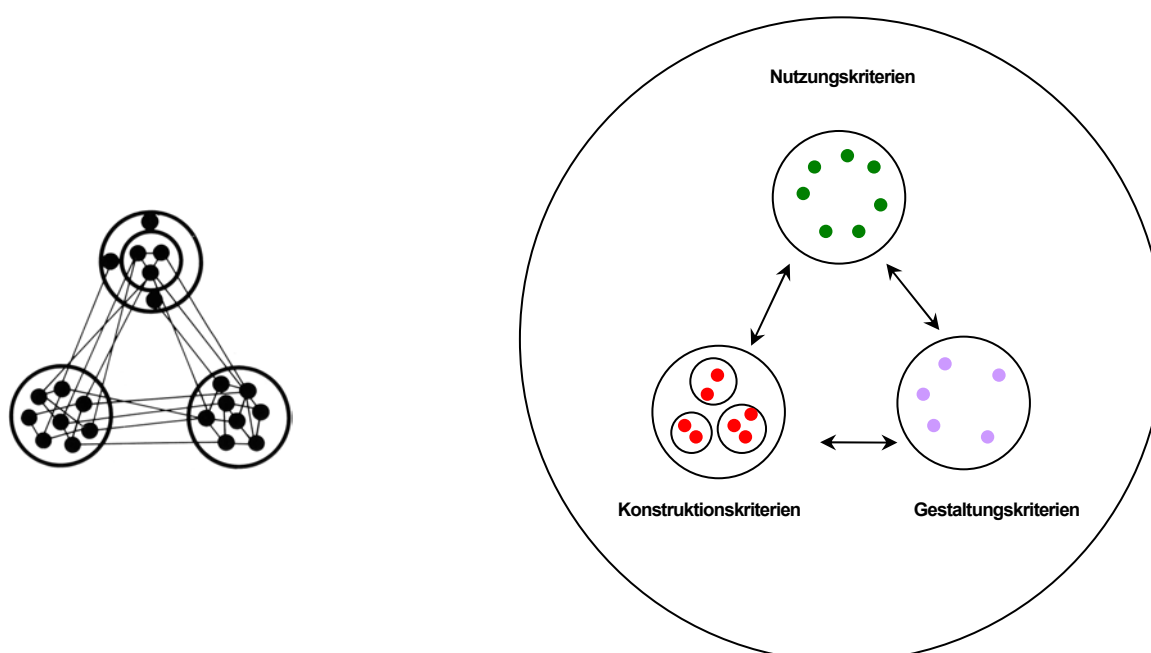


Abb. 2.20: Wechselwirkungen zwischen den Gruppen der drei Hauptkriterien

Ablesbarkeit der Prioritätssetzung

Die Art und Weise der Umsetzung der Entwurfskriterien in ein räumliches Gefüge ist vom Entwerfer abhängig. Ihm obliegt die jeweilige Prioritätssetzung. Somit lässt sich am Gebauten **72** ablesen, welche der obigen Kriterien - seien es Nutzungs-, Konstruktions- oder Gestaltungskriterien - im Vordergrund standen und den Entwurfsprozess bestimmten bzw. beeinflussten. Die folgenden Bauresultate demonstrieren eine unterschiedliche Prioritätssetzung. (Abb. 2.21, 2.22 und 2.23)

Unterschiedliche Bauresultate durch Prioritätssetzung

Betonung der Nutzung

Das umstrittene Guggenheim-Museum von Frank Lloyd Wright in New York rückt die Besucherführung als zentrale Nutzungsanforderung in den Vordergrund. Somit drückt der Bau selbst die Nutzungsidee des Museums aus.

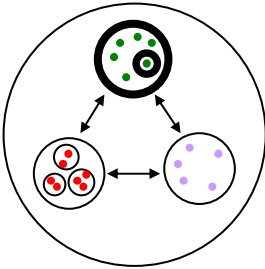


Abb. 2.21: Guggenheim-Museum, New York

Betonung der Gestalt

Die Oper von Sydney soll den Betrachter an Segel im Wind erinnern. Durch die reizvolle Form der creme-weißen Schalendächer wurde diese zentrale, gestalterische Zielvorstellung eindrucksvoll verwirklicht.

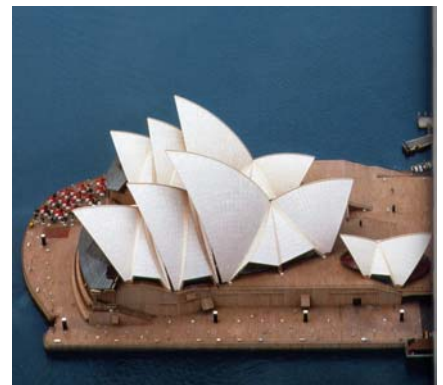
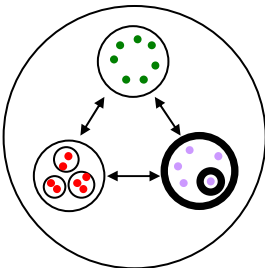


Abb. 2.22: Oper von Sydney

Betonung der Konstruktion

Das typisch bergische Fachwerkhaus von 1568 mit seiner hölzernen Tragkonstruktion betont auf den ersten Blick seine konstruktive Struktur. Durch die kontrastreiche Textur der Materialien wird dies noch hervorgehoben.

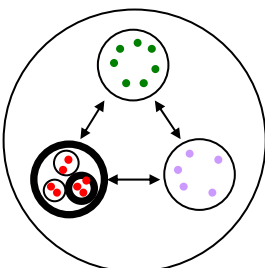


Abb. 2.23: Bergisches Fachwerkhaus

Entwurfsprozess

Nach Meinung des Entwurfslehrers Horst Rittel ist der Entwurfsprozess vor allem ein Entscheidungs- und Bewertungsprozess, der in jeder seiner Phasen wiederum aus einzelnen Entwicklungs- und Bewertungsschritten besteht.⁷³ Während die einzelnen Entwicklungsschritte primär kreatives, synthetisches Vorgehen erfordern und oft auch irrational geprägt sein können, sind Bewertungsschritte vorwiegend rational bestimmt sowie erkenntnisorientiert und kritisch. Beispiele für diese Phasen sind Alternativenbildung, Varietätserzeugung und Varietäts-einschränkung. In diesem Kontext unterscheidet Rittel drei Strategien der Varietätserzeugung und ihrer Einschränkung. Die untere Abbildung zeigt beispielhaft eine dieser Strategien. (Abb. 2.24)

Entwurfskriterien als Bewertungsfilter

Die Entwurfskriterien stellen hier die Bewertungsfilter dieses Prozesses dar. Sie bestimmen die einzelnen Entwicklungsperioden und sind letztlich für die Entstehung und Prägung der Entwurfskonzepte von entscheidender Bedeutung.

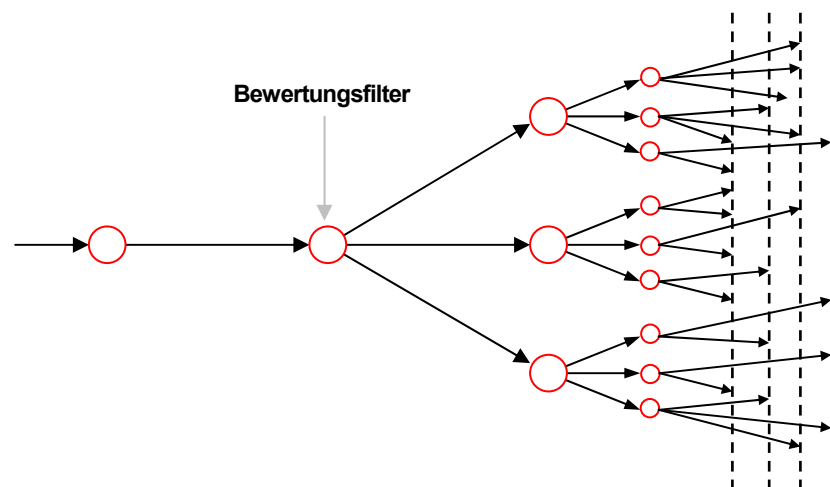


Abb. 2.24: Entwurfskriterien als Bewertungsfilter für die Variantenerzeugung, Einschränkung und Alternativenbildung (Schaubild nach Rittel)

Die differenzierte Bestimmung der Entwurfskriterien ist von essentieller Bedeutung, denn kein Bauresultat lässt sich ohne Kenntnis der bestimmenden Entwurfskriterien beurteilen. Entsprechend werden Aufgabe, Bedeutung und Stellenwert der Tragkonstruktion ebenso bereits durch die Entwurfskriterien festgelegt. Die Art und Weise der Umsetzung der Kriterien unterliegt

jedoch stets einer individuellen Perspektive, die den Charakter eines jeden Entwurfskonzepts prägt.

2.2.2 Entwurfskonzepte - individuelle Auffassungen

Entwerfen als Transformationsprozess

Entwerfen ist ein Prozess, der seine Vollendung im Gebauten findet. Menschliche Bedürfnisse, Ziele, Wünsche, Baunormen und Programme werden individuell in Materialität transformiert und in Körper-Raumbeziehungen gestaltet. Dem Standpunkt Peter Fuhrmanns, dass es „eine schlüssige Entwurfsmethodik [...] nicht gibt und es möglicherweise nie geben wird“⁷⁴ ist deshalb in diesem Zusammenhang zuzustimmen.

Ziele

Ein Gesamtentwurf zielt auf eine an menschlichen Bedürfnissen orientierte, individuelle Umsetzung vielschichtiger, differenzierter, teilweise widersprüchlicher, ja oft sich geradezu diametral ausschließender Wünsche, Voraussetzungen oder Randbedingungen ab – kurz gesagt, der Entwurfskriterien. So fließen sachliche, ökologische, funktionale, psychologische, politisch-administrative, künstlerische Belange etc. in unterschiedlichen Zusammenhängen und Intensitäten in das Entwurfskonzept mit ein. Selbstverständlich lassen sich am Gesamtentwurf aber drei konzeptuelle Ansätze und Ausrichtungen (Nutzung, Konstruktion und Gestalt) unterscheiden.

Mittel

Die architektonischen Mittel, die dem Entwerfer beim Entwurfsprozess zur Verfügung stehen, definierte Jürgen Adam wie folgt:

- „Der Raum [mit seinen] Raumzonen, Raumfolge und Raumdurchdringungen
- seine raumbegrenzenden Teile [...] [mit seinen] monolithischen oder beinahe monolithischen Raumbegrenzungen [usw.]
- die Übergänge [...] in den raumbegrenzenden Teilen
- das Licht [...] [bietet eine mögliche] Orientierung des Gebäudes [sowie eine Miteinbeziehung der] Farbe des Lichtes
- Ver- und Entsorgungsleitungen [...]“⁷⁵

Diese Mittel gelten sowohl auf der Mikroebene bei der Errichtung eines einzelnen Gebäudes, als auch auf der Makroebene städtebaulicher Planung eines Quartiers.

Individualität des Entwerfers

Dem Entwerfer obliegt die Entscheidung, welche Mittel in welcher Situation am sinnvollsten anzuwenden sind. Hier wird die Individualität des Entwerfers berührt, d.h. sein Bewusstsein angesprochen, seine Fähigkeit zu synthetischem Denken und Tun, seine Vorstellungskraft, seine visionäre Phantasie und Umsetzungsfähigkeit herausgefordert. Die daraus entstehende architektonische Grundauffassung stellt die Handschrift eines jeden Entwurfskonzepts dar. Diese soll anhand zweier Beispiele verdeutlicht werden.

Mies van der Rohe

Das Werk Mies van der Rohes ist eindeutig durch seine architektonische Auffassung geprägt. Joedicke fasst seine Prinzipien wie folgt zusammen: „Neben typischen Detaillösungen lassen sich im Werk Mies van der Rohe eine Reihe von Gestaltungsprinzipien erkennen, die seinen Entwürfen zugrunde liegen:

- Der neutrale, nicht auf einen bestimmten Gebrauch bezogene, multifunktional verwendbare Raum.
- Der regelmäßige, quaderförmige Baukörper als Großform. Diese Großform wird auch dann beibehalten, wenn unterschiedliche Raumvolumina auftreten; so bei Universitätsgebäuden, wo von der Funktion her kleiner Räume als Arbeitszimmer und Seminarräume so wie große Vorlesungssäle gefordert werden.
- Die Gliederung der äußeren Form unabhängig von der Art der dahinter liegenden Räumen, von der Himmelsrichtung und vom Gebrauch her.
- Die glatte, in sich strukturierte Außenhaut, deren Aufbau durch das Prinzip der Gliederung in Gitterwerk und Füllung bestimmt ist, wobei ästhetisch tragende, aussteifende und füllende Elemente unterschieden werden.
- Die Symmetrie als vorherrschendes, aber nicht alleiniges Ordnungsprinzip.“⁷⁶

Als Beispiele für die Anwendung dieser Prinzipien dienen die Neue Nationalgalerie in Berlin (Abb. 2.25) oder die Siedlung Lafayette Park in Detroit. (Abb. 2.26) Selbstverständlich wirken die Gestaltungsprinzipien sich auch auf die Tragkonstruktionsentwürfe und der Ihnen zugemessenen Bedeutung im Gebauten aus.



Abb. 2.25: Die Neue Nationalgalerie von Ludwig Mies van der Rohe in Berlin (1963 – 1968)



Abb. 2.26: Die Siedlung Lafayette Park in Detroit/Michigan (1955-1963)

Eine andere architektonische Auffassung verleiht dem Werk Renzo Pianos (z.B. dem Centre George Pompidou) seinen besonderen Charakter, wenn er von der „Unterschiedlichkeit dienender und bedienter Räume in einem Gebäude“⁷⁷ ausgeht. Joedicke bemerkte hierzu: „Was angestrebt wird, ist der flexible Raum mit möglichst wenig Festlegungen und möglichst viel räumlicher Freiheit.“⁷⁸

Festlegungen findet man lediglich in den Bereichen der „Konstruktion sowie [der] Serviceelemente und Installationen. Dabei werden Installationselemente oft in einer Weise formal und farblich so herausgestellt, dass sie als entscheidende Gestaltungselemente außen in Erscheinung treten. In dieser Überbetonung sekundärer Gestaltungselemente ist man versucht, ein Kennzeichen der für unsere Zeit vielleicht charakteristischen, manieristisch geprägten Auffassung zu sehen. [...] Die außen angeordneten Installationen, Aufzüge und Treppen sowie die Ausbildung der Konstruktion mit weit gespannten, die Breite des Gebäudes frei überspannenden Fachwerkträgern erlaubten im Inneren einen flexibel zu nutzenden Raum und die Anordnung variabler Trennelemente.“ (Abb. 2.27 und 2.28)

Abb. 2.27: Der Innenraum des Centre Georges Pompidou von Richard Rogers und Renzo Piano in Paris (1971 – 1977)



Abb. 2.28: Blick von außen auf das Centre Georges Pompidou



Selbstverständlich fällt bei einem derart subjektiven und individuellen Ausdruck eine objektive Bewertung schwer, was auch Joedicke zu der folgenden Äußerung veranlasste: „Man kann sich die Frage stellen, ob ein solcher Grad von Flexibilität und Variabilität

von der Aufgabe her notwendig und sinnvoll ist. Aber darum ging es wohl nicht, auf der Suche nach einer eigenwilligen, einmaligen Form wurde ein Prinzip auf die Spitze getrieben.“⁷⁹

An den exemplarisch ausgewählten Bauwerken Mies van der Rohe wie Renzo Pianos ließ sich aufzeigen, wie sehr der Stellenwert der Tragkonstruktion von den architektonischen Prinzipien des Entwerfers abhängt. Allerdings handelt es sich bei der Nationalgalerie bzw. dem Centre Georges Pompidou um Bauaufgaben mit unterschiedlichen Randbedingungen. Die individuelle Handschrift kommt jedoch auch bei Bauwerken zum Ausdruck, die unter vergleichbaren bis ähnlichen Bedingungen entstanden sind. Dies zeigt sich am Beispiel der eingangs abgebildeten Hochhäuser (Abb. 2.1 und 2.2), die - auf den ersten Blick sichtbar - unterschiedliche Auffassungen der Aufgabe und Bedeutung von Tragkonstruktion offenbaren: Beim AT&T-Gebäude konzentriert sich die Aufgabe der Tragkonstruktion auf die Tragfunktion, während die Shanghai-Bank durch die Gestaltung der Tragkonstruktion explizit die Möglichkeiten der Hightech-Architektur der 1980er Jahre verkörpert.

Noch deutlicher lässt sich der individuelle Einfluss auf das Entwerfen von Tragkonstruktionen am Beispiel des Wettbewerbs für ein multifunktionales Sport- und Veranstaltungszentrum in Stuttgart erkennen. Ausgehend von der gleichen Bauaufgabe entstanden ganz unterschiedliche Modelle, bei denen je nach Architekturbüro die Tragkonstruktion anders oder stärker gewichtet wurde. (Abb. 2.29 – 2.31)



Abb. 2.29: Der Entwurf von Gerkan, Marg + Partner, Aachen



Abb. 2.30: Der Entwurf von Behnisch & Partner, Stuttgart

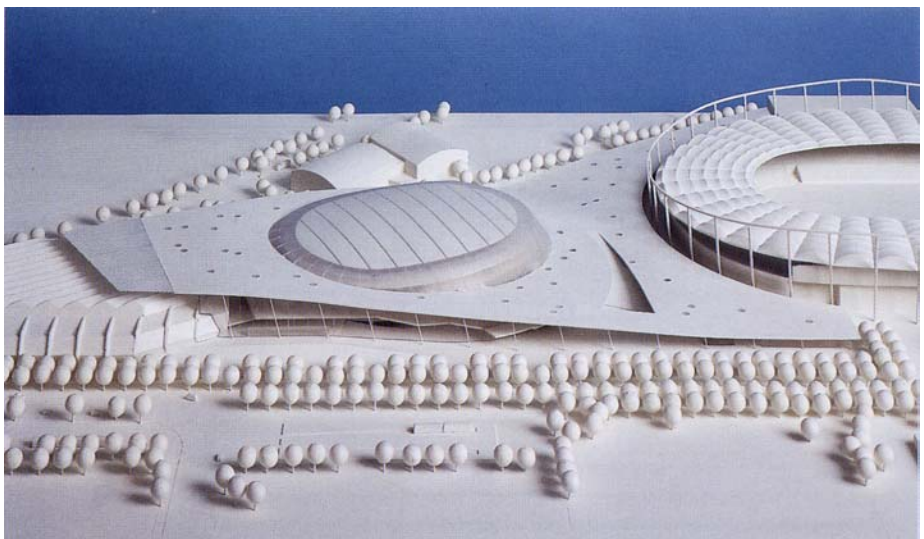


Abb. 2.31: Der Entwurf von Auer + Weber + Partner, Stuttgart/ München

Zusammenfassend betrachtet spielen subjektive Einstellungen bzw. die Person des Entwerfers bei der Entstehung von Entwurfskonzepten – darunter auch der Tragkonstruktionsentwurf - eine ausschlaggebende Rolle. Neben objektiven Anforderungen an ein Bauwerk (wie das Raumprogramm oder der finanzielle Spielraum) wird das Bauresultat also zusätzlich von den Kenntnissen, Fähigkeiten und architektonischen „Vorlieben“ des Entwerfers bestimmt. Diese Kriterien fungieren als Auswahlfilter bzw. steuern das Entwurfskonzept. Letztendlich ist alles Gebaute somit die individuelle Umsetzung subjektiver und objektiver Kriterien, was auch die folgende Darstellung verdeutlicht. (Abb. 2.32) Sie zeigt schematisch die Entwicklungsphasen bzw. den Verlauf des Entwurfsprozesses, der jeweils in einem Bauwerk unterschiedlicher Betonung mündet.

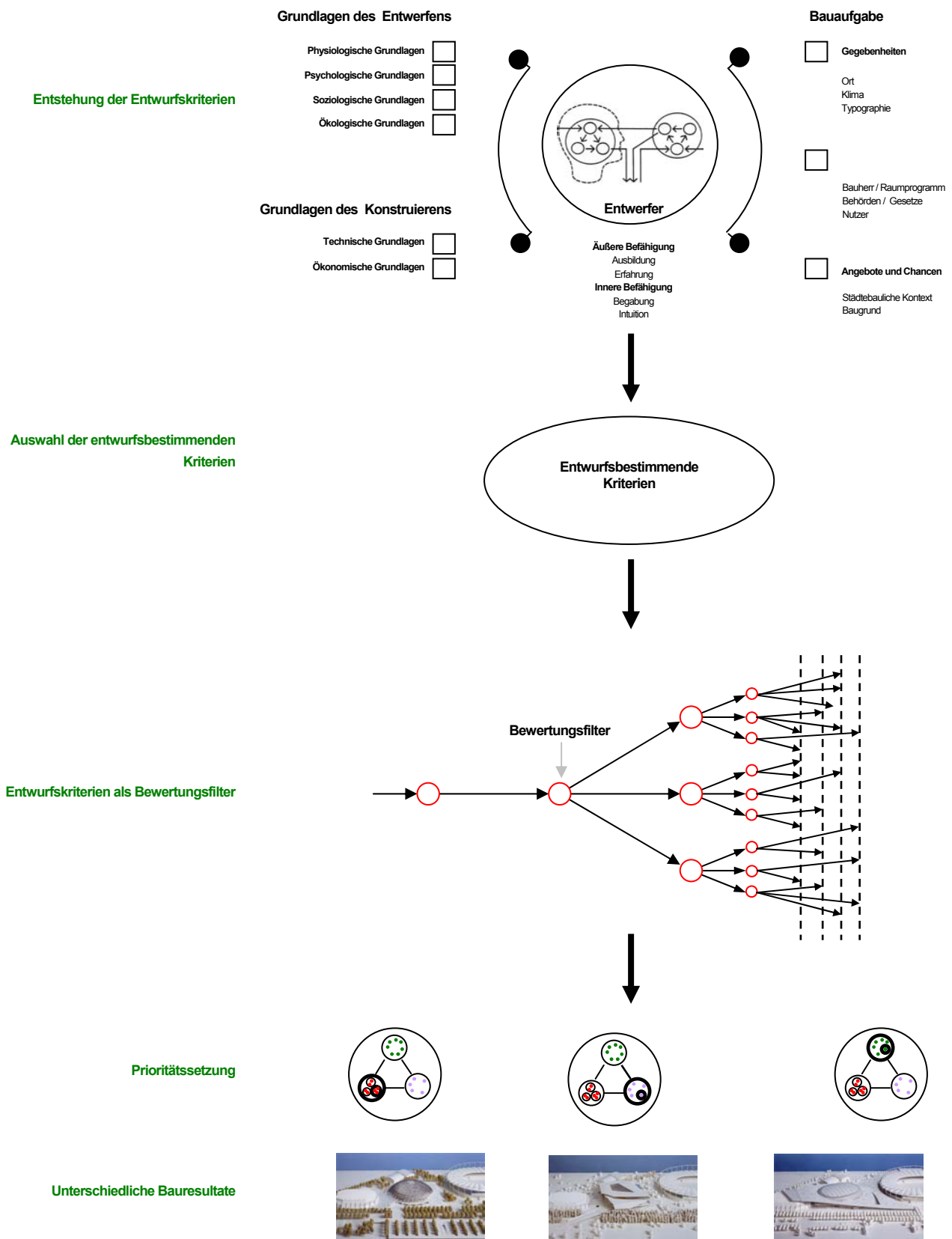


Abb. 2.32: Der Entwurfsprozess: von der Entstehung der Entwurfskriterien bis zu ihrer Umsetzung im Bauresultat

2.3 Einklang von Tragkonstruktion und Architektur

2.3.1 Voraussetzungen

Im Duden wird unter „Einklang“ auf „Zusammenklang“ verwiesen, darunter findet sich wiederum der Eintrag: „(von mehreren Tönen o. Ä.) gleichzeitig [harmonisch] erklingen“⁸⁰. Auf das Thema dieser Arbeit übertragen beschreibt der Begriff „Einklang“ folglich ein harmonisches Verhältnis zwischen der Tragkonstruktion einerseits und der Nutzung, Konstruktion und Gestalt eines Bauwerks andererseits.

Dazu müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Tragkonstruktion sollte jeweils einzeln auf die bestimmenden Entwurfskriterien reagieren und dies möglichst optimal.
- Im Idealzustand ergänzen sich alle Tragkonstruktionsbeiträge, so dass sie „gleichzeitig harmonisch erklingen“.

Während die erste Voraussetzung sich also auf das Vorhandensein der einzelnen Tragkonstruktionsbeiträge konzentriert, geht es bei der zweiten Voraussetzung um den Gesamteindruck und das Zusammenspiel der Beiträge untereinander. Erst wenn diese sich gegenseitig berücksichtigen und nicht in Widerspruch zueinander treten, ist wirklich ein Einklang von Tragkonstruktion und Architektur gegeben.

2.3.2 Arten und Verhältnisse der Tragkonstruktionsbeiträge

Mit Blick auf die erste Voraussetzung lassen sich vorhandene von fehlenden Tragkonstruktionsbeiträgen unterscheiden. Bei der zweiten Voraussetzung kommt es dagegen auf das Verhältnis der Beiträge untereinander an: diese können sowohl harmonisch als auch widersprüchlich ausfallen. Insgesamt existieren somit verschiedene Arten und Verhältnisse der Tragkonstruktionsbeiträge, was auch die folgenden drei Erläuterungsbeispiele verdeutlichen sollen.

2.3.3 Erläuterungsbeispiele

- **Vergleich zweier Kirchen von Félix Candela**

Das erste Beispiel untersucht zwei Kirchen des Bauingenieurs Félix Candela in Mexiko: die Kirche San José Obrero aus dem Jahr 1959/60 und die Kirche San Vicente de Paul aus dem selben Jahr.



Abb. 2.33: Die Kirche San José Obrero von Félix Candela in Mexiko (1954)



Abb. 2.34: Die Kirche San Vicente de Paul von Félix Candela in Mexiko (1954)

San José Obrero

Bei der Kirche San José Obrero liegt der „Schwerpunkt des Raumes in der Mitte des Gebäudes, wo die beiden Schalen nach oben schwingen. Der Raumschwerpunkt wird durch die Lichtführung unterstrichen. Durch den Schlitz zwischen den beiden Schalen strömt das Licht von oben ein und betont die Raummitte. Der Schwerpunkt des liturgischen Geschehens dagegen, der Altar, liegt nicht in der Raummitte, sondern ist an das Ende des Gebäudes verschoben. Die Gruppierung der Sitze, ihre Zuordnung zum Altar und der Altar selbst stehen nicht im Einklang mit der Raumform. Liturgischer Schwerpunkt (Altar) und Raumschwerpunkt decken sich nicht. Die Folge ist ein zwiespältiger Raumeindruck, welcher der Konzentration des Gläubigen auf das Geschehen am Altar hinderlich ist.“⁸¹ (Siehe Abb. 2.35)

Hier wird deutlich, dass bei der Kirche San José Obrero die Form der gestalterisch auffälligen Tragkonstruktion mit der Nutzung des Gotteshauses im Widerspruch steht. Damit ist die zweite Voraussetzung für einen Einklang von Tragkonstruktion und Architektur nicht erfüllt. Denn obwohl die Tragkonstruktion in puncto

gestalterisch-konstruktive Entwurfskriterien optimale Beiträge liefert, herrscht kein harmonisches Verhältnis bezüglich der Nutzung.

San Vicente de Paul

Anders fällt der Eindruck bei der Kirche San Vicente de Paul aus. Hier drückt sich die Nutzung des Gebäudes auch in seiner Gestalt und Konstruktion aus: „Die Dreiteilung des Raumes - das erste Schiff ist für die Schwestern, das zweite für die Patienten des angeschlossenen Krankenhauses und das dritte für Besucher - wird durch die Konstruktionsform aufgenommen. Drei asymmetrische Sattelschalen begrenzen jedes Schiff. Sie stoßen in der Mitte über dem Altar zusammen und betonen die Richtung der Schiffe auf den Mittelpunkt des Raumes: den Altar. [...] Die Klarheit der Form ist das Ergebnis einer sorgfältigen Durchformung jedes Teils in einer Weise, die seiner Aufgabe entspricht. Die Einheit von Raum, Form, Aufgabe und Konstruktion macht den Wert dieses Baues aus.“⁸² (Siehe Abb. 2.36)

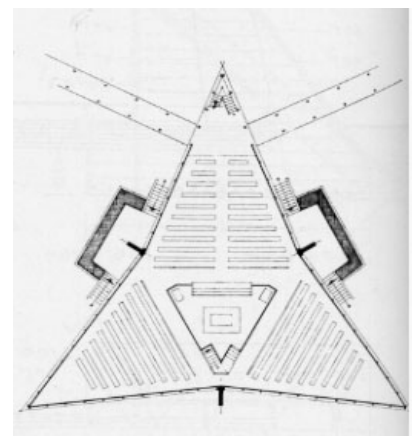
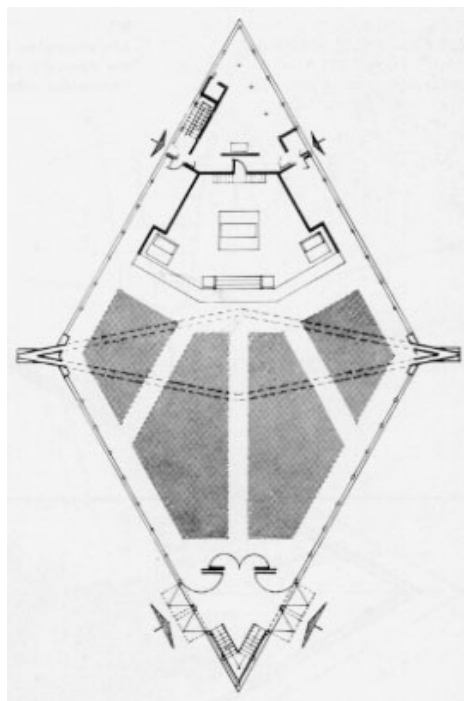


Abb. 2.35:(links) Innenraum und Grundriss der Kirche San José Obrero zeigen den Widerspruch zwischen Tragkonstruktionsform und Grundrissgliederung.

Abb. 2.36:(rechts) Bei der Kirche San Vicente de Paul harmonisieren Tragkonstruktionsform und Grundrissgliederung.

Wie die Abbildungen zeigen, wurde bei beiden Kirchen von Candele die schalige Tragkonstruktion als prägendes Gestaltungsmittel benutzt. Der Vergleich macht aber deutlich, dass der Einklang nur im zweiten Beispiel gelungen ist. Bei der Kirche San José Obrero kam es dagegen zu widersprüchlichen Tragkonstruktionsbeiträgen, die ein harmonisches Zusammenspiel verhindern.

- **Stuttgart 21**

Das folgende zweite Beispiel soll darstellen, dass auch bei gleicher Bauaufgabe gravierende Unterschiede in der Gestaltung der Entwürfe entstehen können, die von harmonischen bis zu disharmonischen Tragkonstruktionsbeiträgen reichen.

Beim Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof im Rahmen von „Stuttgart 21“ wurden 1997 aus 27 Entwürfen⁸³ vier ausgezeichnet, von denen hier zwei herausgegriffen werden sollen: der Entwurf des Architekturbüros Ingenhoven, Overdiek, Kahlen und Partner aus Düsseldorf (Abb. 2.38) sowie der Entwurf von Wörner + Partner aus Frankfurt am Main (Abb. 2.39).



Abb. 2.37: Die vier beim Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof „Stuttgart 21“ ausgezeichneten Arbeiten.



Abb. 2.38: Der Vorschlag von Ingenhoven, Overdiek, Kahlen und Partner

Das Preisgericht urteilte über den Vorschlag von Ingenhoven und Co.: „Der Entwurf entwickelt ganz offensichtlich seine tragende Idee aus der Aufgabe selbst. (...) Geprägt wird der Verbindungsbereich zwischen Heilbronner- und Willy Brandt Straße durch die rhythmisch

gegliederten ‚Lichtaugen‘ und einzelne flache Oberlichtscheiben an der inneren Querverbindung. Diese Lichtaugen sind Konstruktions- und Gestaltelemente zugleich. Schalen mit großzügigen Spannweiten, aus einem umgekehrten Hängemodell entwickelt und präzise auf die Gleisanlagen bezogen, lassen eine neuartige Innen- und Außenwelt von hohem Reiz entstehen. Die versetzt angeordneten ‚Augen‘ als eine Art Umkehrschale bringen innen eine neue, identitätsbildende Raumatmosphäre und außen einen skulpturellen Freiraum von großer Eigenständigkeit.“

Es zeigt sich, dass die Tragkonstruktion ihren Beitrag zum zentralen Anspruch an den neuen Hauptbahnhof – und zwar „ein sichtbares Zeichen zukunftsweisender Mobilität und Wahrzeichen für Stuttgart und seine Region zu sein“⁸⁴ – ganz deutlich erfüllt. Der Entwurf von Wörner lässt einen solchen Beitrag dagegen vermissen.



Abb. 2.39: Der Vorschlag von Wörner + Partner

Der Entwurf Ingenhovens zeigt weiterhin, dass die optimierte Tragkonstruktion nicht von ihrem Beitrag zur städtebaulichen Idee, zur Innenraumgestaltung des neuen Bahnhofs sowie zur gewünschten Gleisspannweite und weiteren Nutzungsanforderungen zu trennen ist. Folglich ist hier ein Austausch der Tragkonstruktion nicht möglich, ohne das Gesicht des Entwurfs grundlegend zu verändern. Beim Entwurf von Wörner + Partner hingegen stellt die Tragkonstruktion nur ein austauschbares Element dar, dass nicht integraler Bestandteil des Ganzen ist. Das

Urteil des Preisgerichts lautete dementsprechend vage: Die Konstruktion der vorgeschlagenen Halle „könnte interessant werden.“⁸⁵

Auch bei identischer Bauaufgabe lassen sich somit unterschiedliche Qualitäten der Tragkonstruktionsbeiträge feststellen, die für die Bewertung des Gesamtentwurfs maßgeblich sind. Allein das Modell von Ingenhoven weist eine Synthese zwischen der Tragkonstruktion sowie der Nutzung, Konstruktion und Gestalt des Bahnhofs auf, die es zu einem herausragenden Entwurf macht.

Aber auch die Geschichte hat uns eine Reihe großartiger Bauwerke geschenkt, deren historischer Wert gerade durch die Einheit von Tragkonstruktion und Architektur bedingt ist. Das Pantheon von Rom ist in dieser Hinsicht beispielhaft.

- **Das Pantheon von Rom**

Das Pantheon von Rom zeichnet sich durch geometrische Formen und formvollendete Proportionen aus, denen die Antike symbolische und numerische Bedeutung zuschrieb. So entspricht dem Durchmesser des kreisförmigen Grundrisses die Höhe des Innenraums. Dank dieser Konstruktion lässt sich gedanklich eine Kugel in den Innenraum einsetzen, die von einem Kubus umschlossen wird und dessen Seitenlängen zwei Radien entsprechen. (Abb. 2.40)

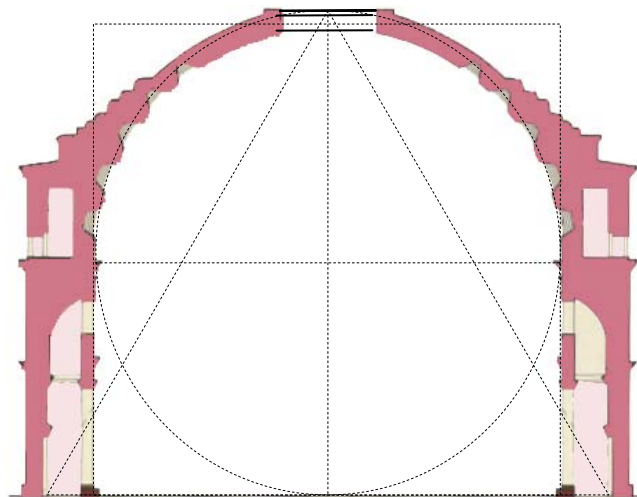


Abb. 2.40: Geometrische Formen des Pantheons von Rom

Über die Symbolik und kulturelle Bedeutung dieser Formen und Geometrien wurde geschrieben: „Diese festen Körper sind nichts anderes als der Ausdruck des göttlichen Geistes: vom Viereck zum Würfel, vom Kreis zum Zylinder, von der Pyramide zum Kegel verschmelzen alle Figuren in der Kugel. Immer wieder führt die Elementargeometrie auf das Bild vom Weltall und der Bewegung der Gestirne zurück. Die sieben Apsiden des runden Halles sind den sieben Sterngottheiten geweiht: den fünf Planeten und den beiden Lichtgottheiten Sol und Luna. Das Kuppelrund steht für das Himmelsgewölbe. Die fünf Kassettenringe symbolisieren die fünf homozentrischen Sphären des antiken Planetensystems. Der zentrale oculus – einzige Lichtquelle des Raumes – ist eine bewundernswerte Illusion der Sonne, die den ganzen Raum beherrscht.“

Die ca. 43 m Durchmesser des Zentralraums sollten allein aus dem damals zur Verfügung stehenden Stein bestritten werden. Man ersann daher eine Tragkonstruktion, die helfen sollte, diese konstruktive Herausforderung oder vielmehr das dahinter stehende Weltbild steinerne Wirklichkeit werden zu lassen. Das Pantheon von Rom steht damit noch heute für eine einzigartige Tragkonstruktionsoptimierung, jenseits der „erbarmungslosen“ Perspektive des Statikers – der einfach die kulturell so bedeutsame Kuppelform geändert hätte.

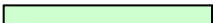
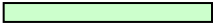

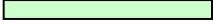
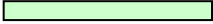


Abb. 2.41: Die kassettierte Decke des Pantheons

Zusammenfassung

Zusammengefasst erfolgte die Optimierung der Tragkonstruktion aus zwei Motivationen heraus: Die Innenseite der Kuppel folgt dem Querschnitt eines Halbkreises. Bei einem halbkreisförmigen Gewölbe entstehen in der Konstruktion nicht nur Druck – sondern auch Zugkräfte. Dabei sind die Kräfte oberhalb der Bruchfuge sowohl in Meridianrichtung, wie in der Richtung der Breitenkreise Druckkräfte, während unterhalb der Bruchfuge die Meridiankräfte Druckkräfte, die Kräfte in Richtung der Breitenkreise jedoch Zugkräfte sind. Da das beim Pantheon verwendete Material Stein ist, also ein nur im geringen Maße zugbeanspruchbares Material ist, ist die Kuppel nur im oberen Bereich als Gewölbe ausgebildet. Also dort wo in Meridian - und Ringrichtung Druckkräfte herrschen, während der untere Teil nicht mehr als Gewölbe konstruiert ist, sondern als ein sich nach unten verbreitendes Widerlager. Dies wird im Innenraum nicht sichtbar, da das Widerlager hier der Kreisform im Querschnitt angepasst ist. Außen jedoch ist die Abtreppung des Widerlagers zu erkennen. Diese enge Wechselwirkung des statischen Prinzips der Kuppel mit dem architektonischen Ansatz der Innenraumgestaltung wurde von Jürgen Joedicke als „ambivalentes Verhältnis“ bezeichnet.

Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs

	These
	
	Grundlagen der Diskussion
	
	Diskussion

3 Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs

3.1 Thematische Hinleitung

3.2 Darstellung des Instrumentariums

3.2.1 Definition von SOLL-Zuständen

3.2.2 Definition von IST-Zuständen

3.2.3 Bewertung des Einklangs

3.3 Kommentar

Zusammenfassung

3. Entwicklung eines Instrumentariums zur Bewertung des Einklangs

3.1 Thematische Hinleitung

Hindernisse

Bei der Betrachtung des Begriffs „Einklang“ treten verschiedene Hindernisse auf. So ist der Begriff selbst nur schwer fassbar, zudem fließen in jede Bewertung subjektive und objektive Kriterien mit ein. Für die Entwicklung eines Instrumentariums stellt die Erfassung dieser Hindernisse folglich den ersten Schritt und eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar.

Für die vorliegende Arbeit sind vor allem drei Hindernisse von Bedeutung:

- die Komplexität des Forschungsgebiets
- unterschiedliche Betrachtungsweisen von Architekten und Bauingenieuren
- die Subjektivität des Bewertens

Komplexität

Allgemein gilt im Bereich der Architekturforschung die folgende Feststellung von Kurt Ackermann: „Die Einflussfelder der Architektur sind zu vielfältig und komplex, als dass eine Wissenschaftsmethodik sie befriedigend erfassen könnte. Es besteht sogar die Gefahr, dass ein zu methodisches Vorgehen eine Fülle von unwesentlichen Teilkomponenten erbringt, die es unmöglich macht, die gewünschte Aussage herauszukristallisieren. Daher muss für die jeweils gestellte Aufgabe eine Methode erarbeitet werden, die den Rahmen für den Gesamtkontext nicht so weit steckt, dass die zu treffenden Aussagen zu allgemein und oberflächlich - und damit letztlich wertlos - werden, aber ebenso wenig die Teilaspekte bis zum letzten hypothetischen Fall betrachten.“⁸⁶

Unterschiedliche Betrachtungsweisen

Hinzu kommt, dass der Untersuchungsbereich sich an der Schnittstelle von zwei Disziplinen (Architektur und Bauingenieurwesen) bewegt und daher verschiedenen Einflüssen ausgesetzt ist, die sich teilweise überlappen.

Die unterschiedlichen Betrachtungsweisen von Architekten und Bauingenieuren sind – „geprägt durch die Geschichte ihres Berufsstandes“⁸⁷ – mit unterschiedlichen Werthaltungen verbunden.

Während die Bewertungsgrundlage der Architekten eher auf gestalterischen Aspekten beruht, entscheiden Bauingenieure vor allem anhand statischer Faktoren. Was ein Architekt als harmonisches Verhältnis bezeichnet, muss sich also keineswegs mit den Vorstellungen eines Bauingenieurs decken – und umgekehrt. Das Problem wird noch dadurch verschärft, dass entsprechende Diskrepanzen nicht nur zwischen den zwei Bereichen auftreten, sondern auch innerhalb der Disziplinen.⁸⁸

Subjektivität - Objektivität

Erschwerend hinzu kommt, dass der Vorgang des Bewertens sich nicht allein auf objektive Kriterien stützt, wie auch Rosemarie Wagner im folgenden Zitat festhält: „Bewerten ist außer an Wissen und Können auch an Meinungen, Auffassungen und Emotionen gebunden. Jede Entscheidung [...] ist bestimmt durch Objektivität und Überzeugung. Die beste und logisch begründbare Lösung wird nicht ausgewählt, wenn nicht die Überzeugung vorhanden ist, dass diese Lösung richtig ist. Glauben und Überzeugung gehören zur gedachten Welt, in die der Entwurfsraum eingeschlossen ist.“⁸⁹

Im Hinblick auf die angestrebte Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur ergibt sich ein ähnliches Bild – auch hier stellen Objektivität sowie persönliche Einstellungen wesentliche Grundkomponenten eines überzeugenden Bewertungsmaßstabs dar. Folglich reichen objektive Kriterien für die Untersuchung des Einklangs nicht aus, auch wenn der Einfluss subjektiver Überzeugung sich schwerlich in Form von eindeutigen Maßstäben erfassen lässt.

Das Instrumentarium, das hier entwickelt werden soll, versucht, die beschriebenen Hindernisse zu überwinden, ist sich aber der Grenzen dieses Vorhabens bewusst.

Das Instrumentarium

Grundsätzlich stützt sich das Instrumentarium auf den Vergleich zweier zu definierender Zustände, und zwar des **Soll- und des Ist-Zustands des Verhältnisses von Tragkonstruktion und Architektur** in einem Bauwerk. Diese Begrifflichkeiten wurden gewählt, um das Problem der Vagheit des Begriffs „Einklang“ einzugrenzen. Durch einen einheitlichen Beurteilungsmaßstab wird zudem unterschiedlichen Herangehensweisen von Architekten und Bauingenieuren jede Grundlage entzogen.

Graphische Darstellung

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden der Soll- und der Ist-Zustand in einer eigens hierfür entwickelten graphischen Darstellung (Abb. 3.1) eingetragen. Diese enthält die entwurfsbestimmenden Kriterien und lässt deren jeweilige Gewichtung erkennen. Auf diese Weise können mögliche Unterschiede zwischen den gewünschten und den tatsächlichen Tragkonstruktionsbeiträgen auf einen Blick erfasst werden.

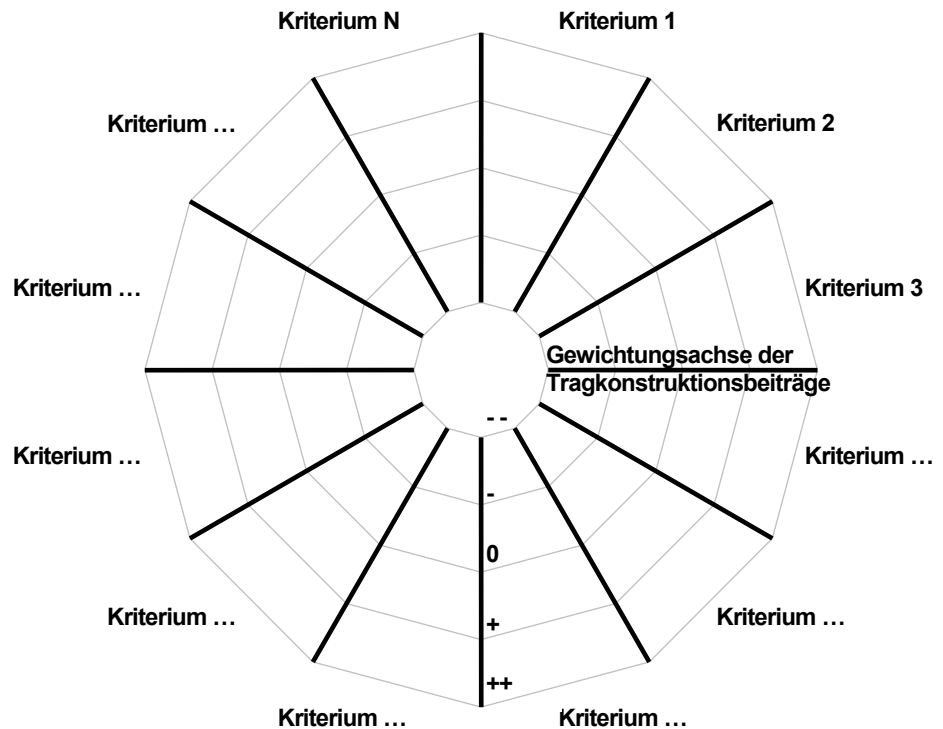


Abb. 3.1: Grundskizze zur Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur eines Bauwerks

Vorgehen

Um die obige Skizze ausfüllen und „lesen“ zu können, müssen zunächst verschiedene Definitionen erarbeitet werden. Das methodische Vorgehen sieht in den nächsten Kapiteln daher folgendermaßen aus:

- Definition des Soll-Zustandes
- Definition des Ist-Zustandes
- Beurteilung des Einklangs

3.2 Darstellung des Instrumentariums

3.2.1 Definition von SOLL-Zuständen

Der **Soll-Zustand** ⁹⁰ beschreibt das **gewünschte Verhältnis von Tragkonstruktion und Architektur**.

Er entwickelt sich in zwei aufeinander folgenden Schritten:

Zunächst muss das Entwurfskonzept untersucht und analysiert werden, um die entwurfsbestimmenden Kriterien zu identifizieren. Dabei wird festgestellt, wie deren Gewichtung hinsichtlich der Nutzung, Konstruktion und Gestalt des Bauwerks ausfallen soll. Gleichzeitig erschließen sich hieraus auch die Beiträge, die von der Tragkonstruktion erbracht werden sollen.

Durch eine umfassende Untersuchung sämtlicher Anforderungen an das Bauwerk, die sich aus dem jeweiligen Bautyp, der Bauaufgabe und sonstigen Randbedingungen ergeben, muss die vom Entwerfer vorgenommene Gewichtung dann gegebenenfalls angepasst bzw. ergänzt werden. Diese „Korrektur“ oder Überprüfung von außen ist notwendig, um von Seiten des Entwerfers nicht (ausreichend) berücksichtigte Kriterien aufzugreifen.

Auf der Basis dieser zwei Schritte lässt sich folglich der tatsächliche Soll-Zustand des Verhältnisses von Tragkonstruktion und Architektur ermitteln. Dieser lässt sich auch graphisch abbilden, wie die zu diesem Zweck entwickelte Grundskizze und das fiktive Beispiel einer Industriehalle zeigen (Abb. 3.2 - 3.3): Entlang der Kreise, die hier für das Gesamtkonzept stehen, spannen sich die unterschiedlichen Entwurfskriterien auf. Die Gewichtungssachse zeigt deren Bedeutung bzw. Stellenwert innerhalb des konzeptuellen Ansatzes. Darüber hinaus ist die Gewichtungssachse auch als Bewertungsskala für den gewünschten Tragwerksbeitrag zu betrachten. Nicht übersehen werden darf jedoch, dass bei der Bestimmung des Soll-Zustandes – trotz aller Bemühungen um Objektivität – von einem gewissen, nahezu unvermeidbaren Maß an Subjektivität ausgegangen werden muss.

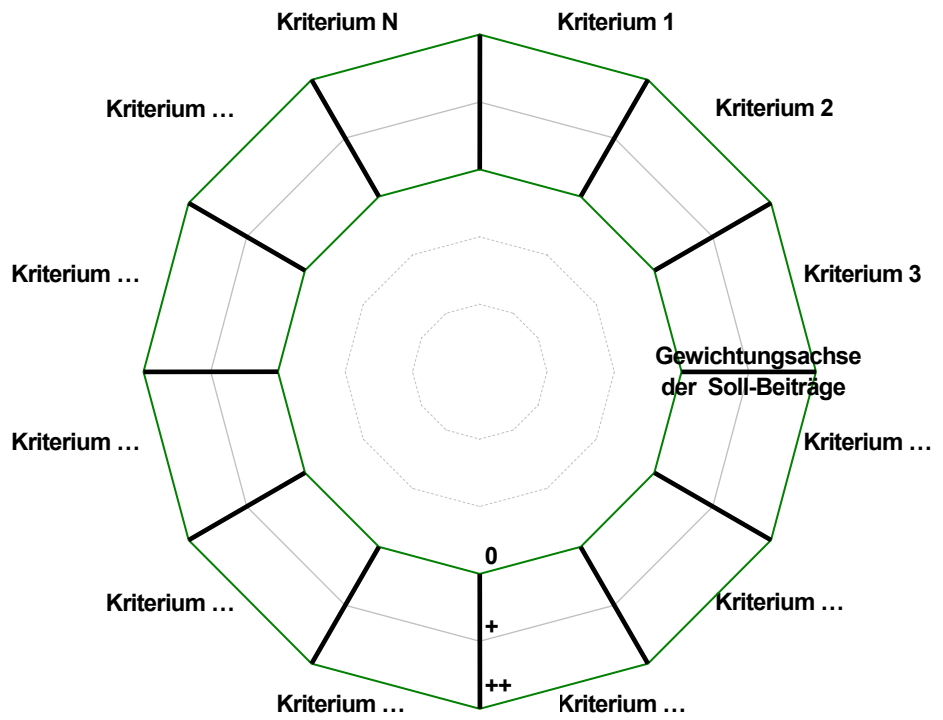


Abb. 3.2: Grundskizze zur Eintragung des Soll-Zustandes der Tragkonstruktionsbeiträge

SOLL-Zustand

Bewertung:

- 0 minimaler Beitrag
- + mittlerer Beitrag
- ++ maximaler Beitrag

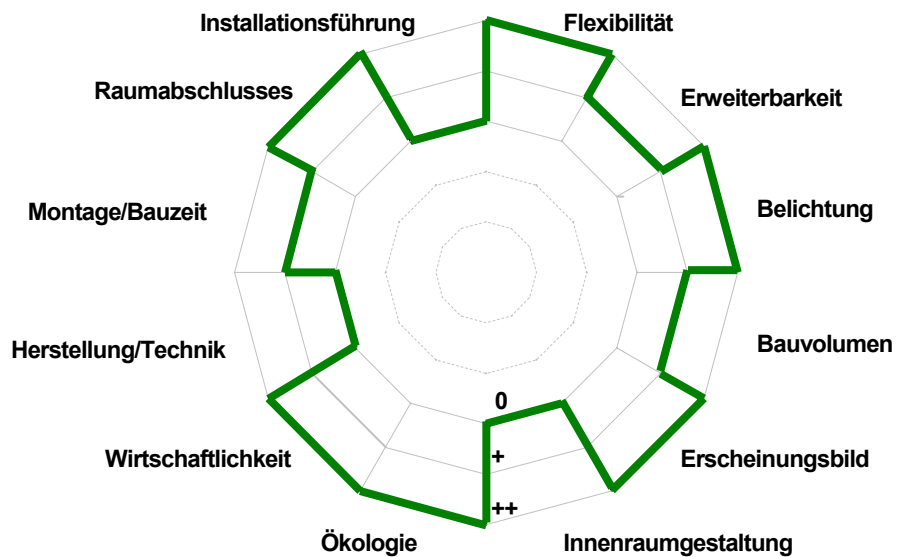


Abb. 3.3: Fiktives Beispiel eines Soll-Zustandes für Tragkonstruktionsbeiträge bei einer Industriehalle

3.2.2 Definition von IST-Zuständen

Der **Ist-Zustand 91** beschreibt das **tatsächlich vorhandene Verhältnis von Tragkonstruktion und Architektur**.

Diese Zustandsbeschreibung ergibt sich aus einer Untersuchung der realen Tragkonstruktionsbeiträge in einem Bauwerk. Im Vergleich mit dem subjektiv geprägten Soll-Zustand kann eine Formulierung des Ist-Zustandes Objektivität für sich beanspruchen.

Die bereits umseitig dargestellte Graphik des Soll-Zustandes dient nun auch als Schema der graphischen Abbildung des Ist-Zustandes. (Abb. 3.4 - 3.5) Im Unterschied zur Grundskizze des Soll-Zustandes zeigt die Gewichtungssachse des Ist-Zustandes hier, wie hoch der geleistete Anteil des Tragwerks tatsächlich ist. Die Bewertungsskala berücksichtigt sowohl einen minimalen bis maximalen, als auch einen negativen Tragwerksbeitrag, da seine reale Umsetzung auch gegensätzlich ausfallen kann.

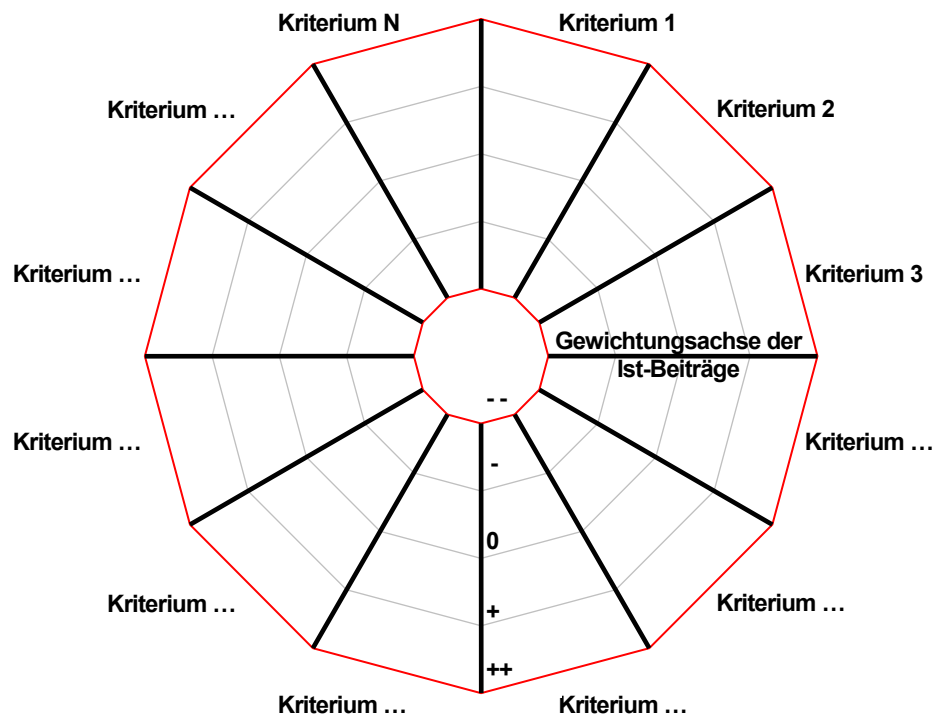


Abb. 3.4: Grundskizze zur Eintragung des Ist-Zustandes der Tragkonstruktionsbeiträge

IST-Zustand

Bewertung

- -- negativer Beitrag
- fehlender Beitrag
- 0 minimaler Beitrag
- + mittlerer Beitrag
- ++ maximaler Beitrag

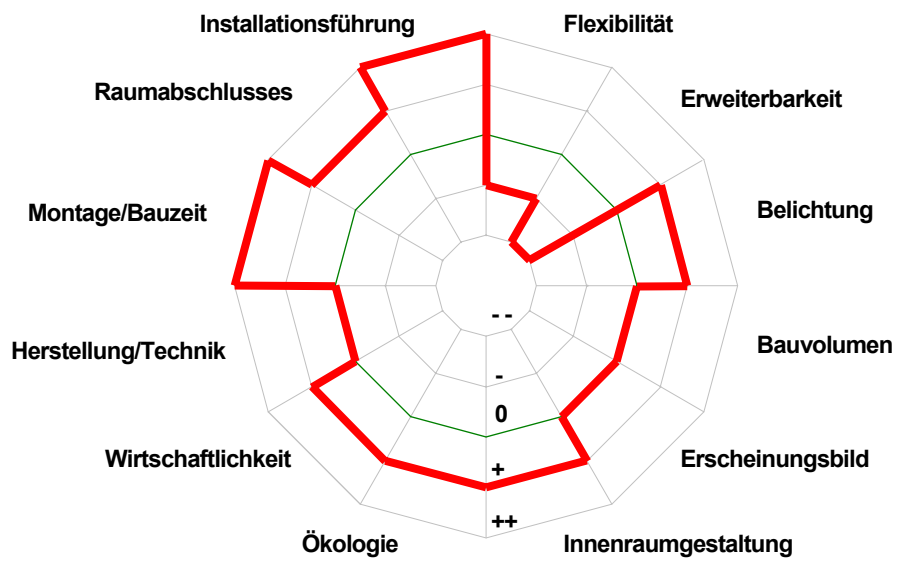


Abb. 3.5: Fiktives Beispiel eines Ist-Zustandes für Tragkonstruktionsbeiträge bei einer Industriehalle

3.2.3 Bewertung des Einklangs

Die Beurteilung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur basiert auf dem Vergleich und der Interpretation des Unterschieds zwischen Soll- und Ist-Zustand. Der Vergleich ist bildlich zu erfassen, wenn beide Zustände am gleichen Maßstab angelegt werden. (Abb. 3.6)

Im Allgemeinen deutet die Übereinstimmung von beiden Zuständen auf einen weitgehenden Einklang hin. Differenzen zwischen Soll- und Ist-Zustand auf den einzelnen Bewertungsachsen zeigen dagegen, inwieweit die Tragkonstruktion auf das jeweilige Kriterium nicht oder nicht entsprechend reagiert. So lassen sich verschiedenartige Fälle unterscheiden:

- Jeder Wert des Ist-Zustands, der unter dem Wert des Soll-Zustands liegt, zeigt einen fehlenden bis sich negativ auswirkenden Beitrag zum Einklang.
- Ist-Werte, die über Soll-Werten liegen, können in der Regel als positive, aber verzichtbare oder überflüssige Beiträge angesehen werden. Je nach Art des Kriteriums fallen diese unter Umständen aber auch negativ aus. **92**

Hinsichtlich der Darstellung des Verhältnisses beider Zustände kann in der Grundskizze auf Flächen zurückgegriffen werden, die – der graphischen Übersichtlichkeit halber – farbig markiert sind. (Abb. 3.7) Es lassen sich folgende Arten von Flächen unterscheiden:

Rote Flächen entstehen generell, wenn der Ist-Zustand unter dem Soll-Zustand liegt.

- hellrot: Diese Flächen zeigen eine leicht negative Abweichung vom Soll-Zustand an.
- dunkelrot: Hier weicht der Ist- vom Soll-Zustand deutlich bis gravierend ab, d. h. er kann die höchste Differenz erreichen.

Grüne Flächen werden dann angezeigt, wenn der Ist-Beitrag über das Ziel hinauschießt.

- hellgrün: Flächen mit dieser Farbe zeigen einen verzichtbaren bzw. überflüssigen Beitrag der Tragkonstruktion an.
- dunkelgrün: Analog zur dunkelroten Farbgebung erreicht hier die Differenz zwischen Ist- und Soll-Zustand einen hohen Wert.

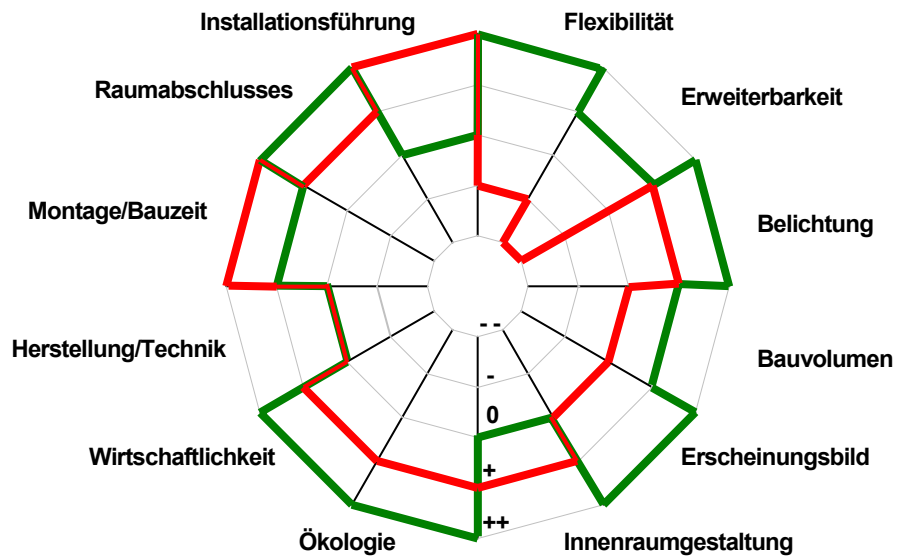


Abb. 3.6: Eintragung des Soll- und Ist-Zustandes als Bewertungsgrundlage

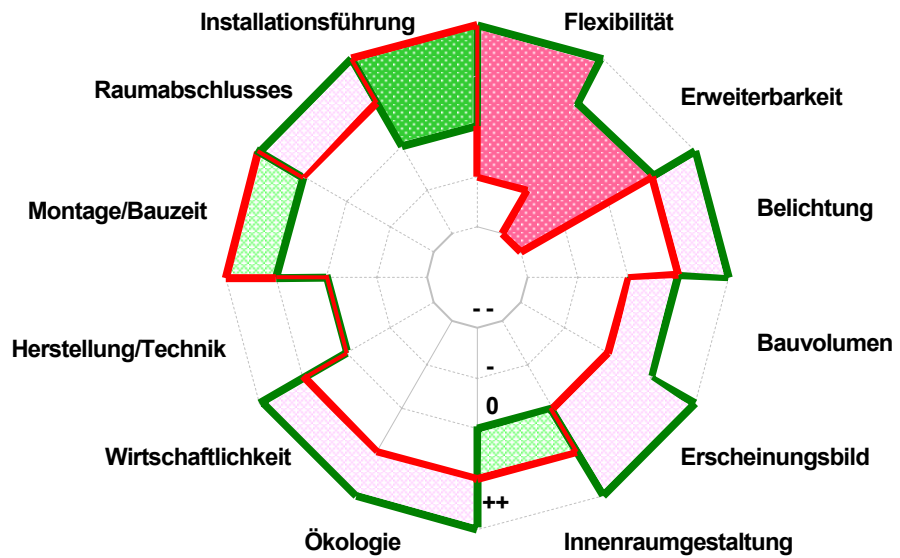


Abb. 3.7: Flächen als graphische Darstellungsmöglichkeit des Verhältnisses von Soll- und Ist-Zustand

Leichte Unterschreitung des Soll-Zustandes

Leichte Überschreitung des Soll-Zustandes

Starke Unterschreitung des Soll-Zustandes

Starke Überschreitung des Soll-Zustandes

Graphisches Modell zur Bewertung des Einklangs

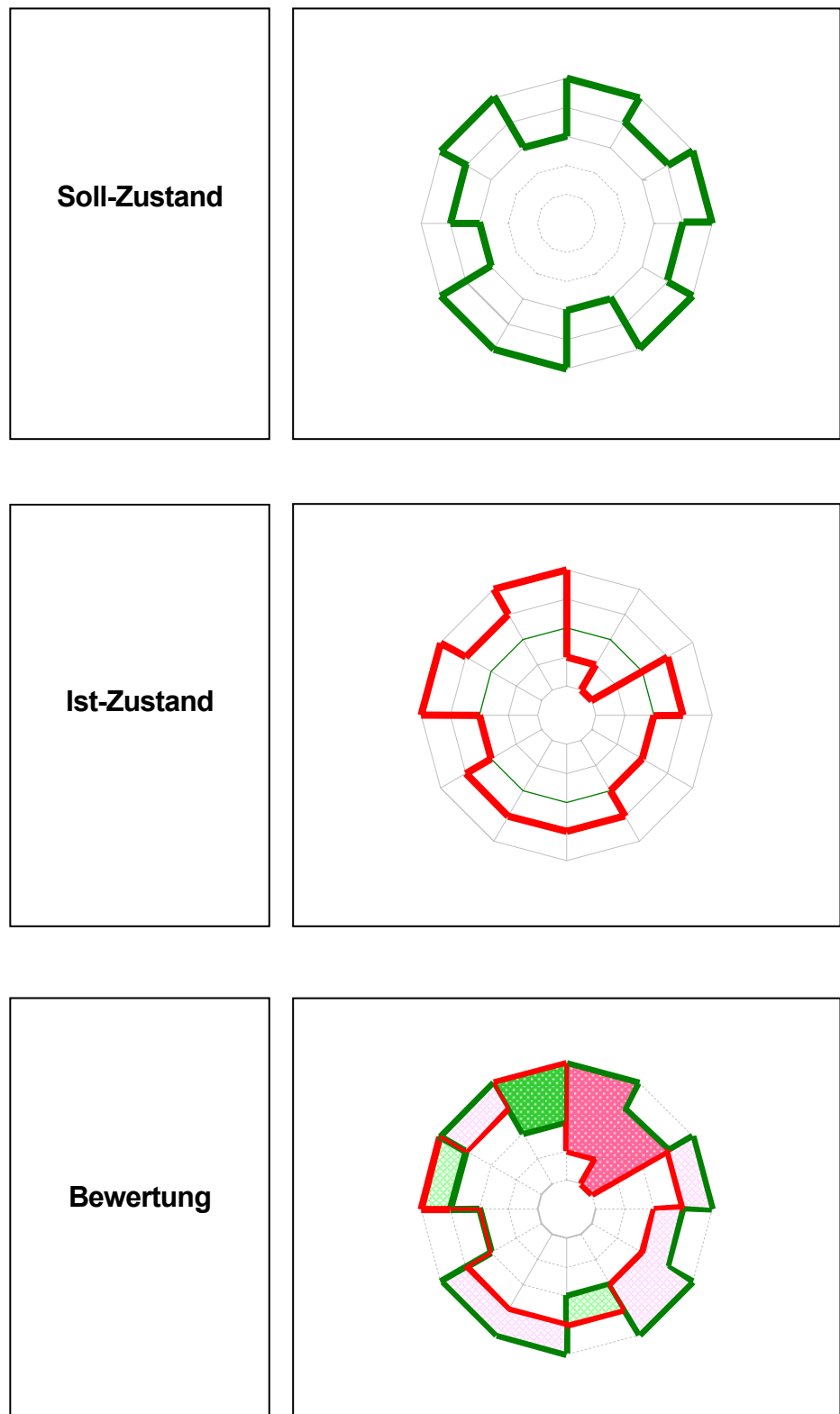


Abb. 3.8: Drei Schritte zur Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur

3.3 Kommentar

Im Folgenden wird der Lösungsansatz des Instrumentariums kurz kommentiert.

Komplexität

Um der Komplexität des Forschungsgebiets entgegenzuwirken, wurde hier versucht, einen allgemeingültigen Ansatz zu entwickeln, der sowohl für die Betrachtung der Tragkonstruktion eines Einfamilienhauses als auch eines Brückenbaus gültig ist. Das Instrumentarium ist daher als ein Modell zu verstehen, dass an die jeweilige bauliche Situation angepasst und weiterentwickelt werden soll. Auf diese Weise können die unterschiedlichen Randbedingungen verschiedener Bautypen sowie ihr individueller Charakter einfließen. Trotz alledem erhebt das Instrumentarium keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Differente Betrachtungsweisen

Eine gemeinsame Definition von Aufgabe und Stellenwert der Tragkonstruktion sollte als Grundlage für die Herausbildung des Instrumentariums dienen. Die ausgewählte Untersuchungsmethode konnte somit - trotz unterschiedlicher Betrachtungsweisen von Architekten und Bauingenieuren - einen gemeinsamen Maßstab zur Bewertung des Einklangs entwerfen. Auch die graphische Darstellung wird den unterschiedlichen Denkweisen der zwei Disziplinen gerecht und bietet darüber hinaus eine Diskussionsgrundlage, die Diskrepanzen in einer einfachen und zugleich übersichtlichen Weise vermittelt.

Subjektivität – Objektivität

Das Instrumentarium versucht, Subjektivität und Objektivität innerhalb des Bewertungsprozesses in einer sich gegenseitig bereichernden Synthese zusammenzuführen. Dies zeigt sich in der Möglichkeit gestalterischen Abbildens unterschiedlicher Soll-Zustände, die sich gravierend voneinander unterscheiden können. Auch die Ist-Zustände, die vor allem objektiver Natur sind, lassen sich hiermit deutlich graphisch zeigen. Dennoch kann das Instrumentarium den Widerspruch zwischen der scheinbaren Eindeutigkeit von Objektivität und der Vieldeutigkeit von Subjektivität

nicht aufheben. Es kann aber helfen, mit diesem Widerspruch kreativ zu arbeiten.

Anwendungsmöglichkeiten

Das Instrumentarium dient dazu, bereits bestehende Gebäude hinsichtlich der Qualität ihres Tragkonstruktionsentwurfs zu analysieren und zu bewerten. Es kann aber genauso während des Entwurfsprozesses angewandt werden, um schon bei der Entscheidung über geeignete Entwurfsvarianten zur Hand zu gehen. Darüber hinaus eignet es sich auch als Hilfsmittel für Gutachter und Juroren, die im Rahmen von Architekturwettbewerben bzw. Auslobungen aus einer Vielzahl eingereichter Vorschläge die gelungensten Entwürfe auszeichnen müssen. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit des Instrumentariums stellen Reihenuntersuchungen bestimmter Bautypen dar, die charakteristische Mängel oder gar Entwurfsschwächen ans Licht bringen können. Die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten hat allerdings zur Folge, dass - je nach Anwendungsziel - die Bestimmung des Soll-Zustandes unterschiedlich ausfällt.

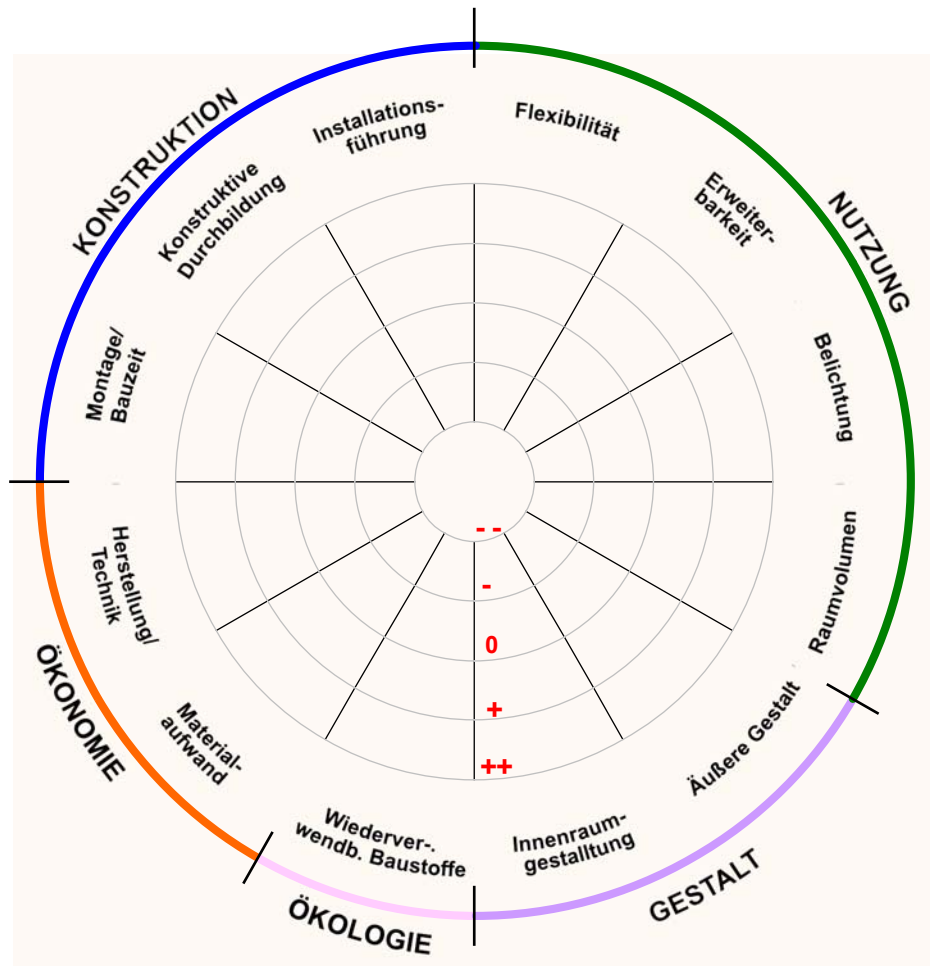
Zusammenfassung

Ein komplexes Forschungsgebiet, unterschiedliche Betrachtungsweisen von Architekten und Bauingenieuren gleichermaßen sowie subjektive Bewertungsperspektiven stellen die hauptsächlichen Hindernisse dar, die das entwickelte Instrumentarium zu überwinden versuchte. Daher stützt es sich auf die Begrifflichkeiten des Soll- und Ist-Zustandes sowie auf die Entwicklung einer graphischen Darstellung zur Abbildung dieser beiden Zustände.

Während der Soll-Zustand als ein tendenziell subjektives Wunsch-Verhältnis größtmöglicher Harmonie definiert wurde, ist der Ist-Zustand eine Tatsachenbetrachtung des objektiv vorhandenen Verhältnisses zwischen Tragkonstruktion und Gesamtkonzept.

Die Flächen, die zwischen beiden Zuständen liegen, stehen für die Wirkung der Tragkonstruktionsbeiträge und vermitteln ein Gesamtbild des Einklangs.

Grundskizze des entwickelten Instrumentariums



Eintragung des Soll- und Ist-Zustandes als Bewertungsgrundlage des Einklangs

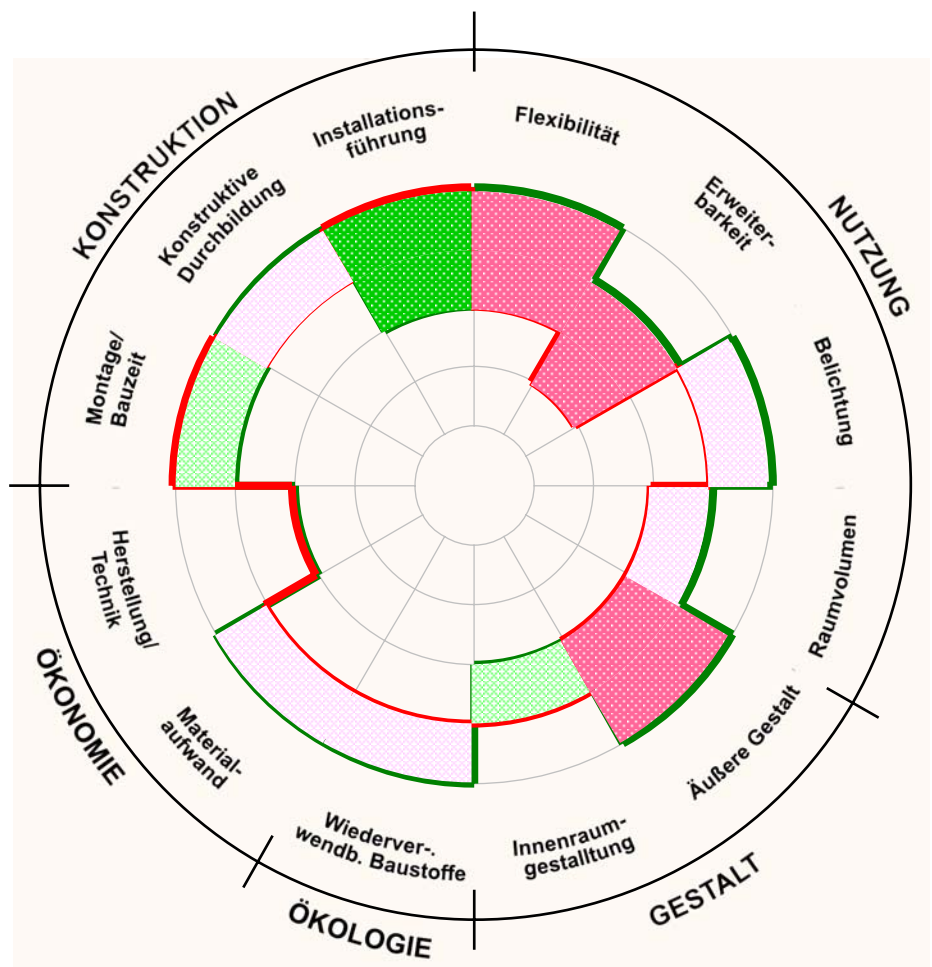
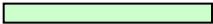

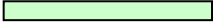

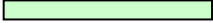


Abb. 3.9: Graphische Darstellung der Bewertung

Überprüfung des Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen

	These
	
	Grundlagen der Diskussion
	
	Diskussion

4 Überprüfung des Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen

4.1 Die Kriterien der Industriehallen im Überblick

- Nutzungskriterien
- Gestaltungskriterien
- Konstruktionskriterien
- Wirtschaftlichkeit
- Ökologie

4.2 Fallbeispiel- Inmos Halbleiterfabrik, Newport, GB

4.2.1 SOLL -Zustand der Tragkonstruktion

- Gewichtung der zu leistenden Tragkonstruktionsbeiträge
 - Charakteristika des Nutzungskonzepts
 - Charakteristika des Gestaltungskonzepts
 - Charakteristika des Konstruktionskonzepts
- Objektive Bedarfsanalyse

4.2.2 IST - Zustand der Tragkonstruktion

- Beschreibung der Tragkonstruktion
- Gewichtung der tatsächlichen Tragkonstruktionsbeiträge
 - Beitrag zur Flexibilität
 - Beitrag zur Erweiterbarkeit
 - Beitrag zum Raumvolumen
 - Beitrag zur Belichtung
 - Beitrag zur äußeren Gestalt
 - Beitrag zur Innenraumgestaltung
 - Beitrag zur Materialaufwand
 - Beitrag zur Herstellung / Technik
 - Beitrag zur Montage / Bauzeit
 - Beitrag zur konstruktiven Durchbildung des Raumabschlusses
 - Beitrag zur Installationsführung
 - Graphische Darstellung des Ist-Zustandes

4.2.3 Bewertung des Einklangs

Zusammenfassung

4. Überprüfung des Instrumentariums am Beispiel von Industriehallen

Das Ziel dieses Kapitels ist es – anhand des Bautyps Industriehalle – exemplarisch ein praktisches Anwendungsbeispiel des entwickelten Instrumentariums vorzustellen. Dieses Kapitel rückt somit die Analyse des Soll- und Ist-Zustandes an einem Fallbeispiel in den Fokus. Dieser Vorgang bildet eine unverzichtbare Grundlage zur Überprüfung des Instrumentariums und veranschaulicht zugleich, was bisher nur auf theoretischer Ebene besprochen wurde.

Exemplarische Auswahl

Der Bautyp Industriehalle wurde aus dem breiten Spektrum von Bauaufgaben ausgewählt, da

- die Tragkonstruktion innerhalb des Hallenbaus hohe architektonische Bedeutung genießt. (Das liegt in der Natur der Bauaufgabe begründet, die in der Regel große zusammenhängende Räumlichkeiten, entsprechend große Spannweiten und eine oftmals sichtbare Tragkonstruktion aufweist.
- Industriehallen zum so genannten Ingenieurbau zählen und damit zu dem Bautyp, der lange Zeit von der Architektur vernachlässigt wurde.
- Industriehallen in der Regel besonders von der Trennung der beiden Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen zeugen.

4.1 Die Kriterien der Industriehallen im Überblick

Hallen

Hallen gehören zu Flachbauten, die durch eine wesentlich größere Flächenausdehnung im Verhältnis zur Höhe gekennzeichnet sind. Sie sind im Grundtyp eingeschossig und ebenerdig, zeigen jedoch mit Raumhöhen von 6 - 15m und Spannweiten von 15 - 50m deutlich größere Dimensionen als die kleineren Flachbauten. Konstruktiv gesehen wird unter „Halle“ in der Regel ein frei überspannter Raum verstanden, eine gerichtete Konstruktion, die linear oder durch Addition von „Schiffen“ erweiterbar ist.⁹³ Die technischen Systeme verlaufen in Bodenkanälen oder entlang der

Außenwände, während die Raumheizung zumeist über Luft- oder Strahlungsheizung mit Dachentlüftung erfolgt.

Industriehallen sind Hauptbestandteil jeder Industrieanlage und damit ein bevorzugter Bautyp für klassische Produktionsbetriebe, wie z.B. Serienfertigung, Montage oder Massenproduktion.⁹⁴

Ziele industriellen Handelns

Die Entwurfskriterien für Industriehallen lassen sich aus den Zielen industriellen Handelns ableiten. Jürgen Adam fasste diese wie folgt zusammen: „Große Teile unserer Nahrung werden industriell bearbeitet. Energie wird mit industriellen Mitteln gewonnen und verteilt. Kleidung wird überwiegend industriell gefertigt. Die Bauindustrie errichtet Bauten, die uns, und die Dinge unseres Lebens beherbergen. Die Pharma- und Medizintechnologie ist auf den Schutz unseres Lebens ausgerichtet. Große Industriezweige dienen der Fertigung von Verkehrsmitteln, der Telekommunikation, usw. Produkte der Industrie dienen im weitesten Sinne der Daseinsvorsorge menschlichen Lebens, auch wenn dies manchmal nur indirekt wirksam wird und nicht selten nur schwer zu erkennen ist. Industriebau dient mit seinen Produkten aber auch den in ihm tätigen Menschen. Er dient also im doppelten Wortsinn der Daseinsvorsorge. Die Produktion, die Montage, das Lagergut bedarf des Schutzes, der Bereitstellung vielfältigster Gegenstände, Materialien, Medien, also der Versorgung. Dies gilt in gleicher Weise auch für die Mitarbeiter, die die Produkte erdenken, fertigen, montieren, lagern und versenden.“⁹⁵

Es ist zu bedauern, dass der Auseinandersetzung mit dem Bautyp Industriehalle eine ausführliche Abhandlung aller entwurfsbestimmenden Kriterien fehlt, wie sie beispielsweise für den Bautyp Brückenbau zur Verfügung steht. Dort leistet das Werk „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“ der DFG-Forschergruppe FOGIB eine solche umfassende Zusammenstellung, Kategorisierung und Hierarchisierung.⁹⁶ Eine vollständige Benennung aller Entwurfskriterien für Industriehallen würde hier jedoch den Untersuchungsrahmen sprengen und darüber hinaus das eigentliche Anliegen - nämlich die Untersuchung des Fallbeispiels - in den Hintergrund treten lassen. So beschränkt sich die Leistung dieses Kapitels auf eine Auswahl

derjenigen Kriterien, auf denen die meisten Entwurfskonzepte von Industriehallen fußen.

Kriterienpool

Bei der tiefgehenderen Betrachtung einer Vielzahl von Industriehallen kristallisiert sich folgender Kriterienpool heraus:

Nutzungskriterien

Für den Bautyp Industriehalle sind gerade die Nutzungskriterien ausschlaggebend, denn sie stehen beim Planungsprozess immer im Vordergrund.

- Flexibilität
- Erweiterbarkeit
- Bauvolumen der Halle
- Belichtung entsprechend der Nutzungszonen

Gestaltungskriterien

Der Stellenwert gestalterischer Aspekte, wie die Integration in den städtebaulichen Kontext oder die Ablesbarkeit des funktionalen Innenlebens, lässt sich anhand folgender Kriterien erkennen:

- Äußere Gestalt
- Innenraumgestaltung

Konstruktionskriterien

Besonders die folgende Kriterienauswahl ist bei den drei Konstruktionsbereichen dieses Bautyps (Tragkonstruktion, Raumabschluss und Installation) von Bedeutung:

- Herstellung / Technik
- Konstruktive Durchbildung
- Installationsführung

Wirtschaftlichkeit

- Bauzeit
- Materialaufwand

Ökologie

- Wiederverwertbare Baustoffe

Aus diesem Kriterienpool werden nun die Kriterien Flexibilität und Erweiterbarkeit herausgegriffen und exemplarisch erläutert.

Flexibilität und Erweiterbarkeit – Erläuterung eines Nutzungsaspekts am Beispiel von Industriehallen

Planungsprinzipien

Innerhalb der Kategorie Industriehallen lassen sich zwei Ausgangspunkte der Planung differenzieren:

- Hallen von Großbetrieben, bei denen der Gesamtbebauungsplan die zentrale Vorgabe aller Planungen darstellt.⁹⁷
- Hallen, bei deren Planung die Verwendung der Halle noch offen ist.

Bei beiden Ausgangspunkten ist auf die Schaffung von Optionen der Umnutzung, produktionstechnischen Umstrukturierung und Erweiterung zu achten. Hallen fungieren somit stets als Hülle für unterschiedliche Kombinationen von Funktionsabläufen und Nutzungsbereichen (z.B. Fertigung, Logistik, Sozialbereiche etc.). Es lässt sich unschwer feststellen, dass immer schnellere Produktentwicklungszyklen und die damit verbundenen Fertigungsprozesse die zeitgenössischen Industriebauten und auch unsere moderne Arbeitswelt prägen.⁹⁸

Diese Produktions- und Fertigungsbedingungen erfordern ein höchstmögliches Maß an Flexibilität und Erweiterbarkeit von Funktionsabläufen – sie bilden daher bestimmende Entwurfskriterien. Andreas Kopp, Herwig Rott und Daniel Rozynski, wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Baukonstruktion und Industriebau der Technischen Universität Braunschweig, haben eine Typologie der Industriehalle nach der Organisation ihrer Funktionsabläufe (Grundrissgliederung) entworfen. (Abb. 4.1) Sie unterscheiden dabei drei Typen:⁹⁹

- additiver Typ (linear): Rücken, Kamm, Kopf
- additiver Typ (flächig): Raster, Ring, Agglomerat
- integrativer Typ: Box

Additive Lösungen führen unterschiedliche Funktionseinheiten in mehr oder weniger eigenständigen Einheiten zusammen. Als strukturierendes Element fungiert dabei in der Regel ein Erschließungssystem, das die Einheiten bedient. Der Vorteil dieser

additiven Systeme liegt in der Möglichkeit, die einzelnen Elemente entsprechend ihren Anforderungen zu gestalten, unabhängig voneinander zu entwickeln und gegebenenfalls zu erweitern.

Statt einer separaten Entwicklung unterschiedlicher Funktionseinheiten innerhalb des additiven Systems, fasst eine integrative Lösung alle Funktionen in einem Baukörper zusammen. Ein solches System eröffnet im Hinblick auf die Erschließungsflächen Minimierungsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Produktionsflächen und kann unmittelbare Nähe herstellen. Dieser Vorteil, der in der Entkoppelung von Bauwerk und Prozessplanung besteht, hat allerdings eine geringere Flexibilität zur Folge.

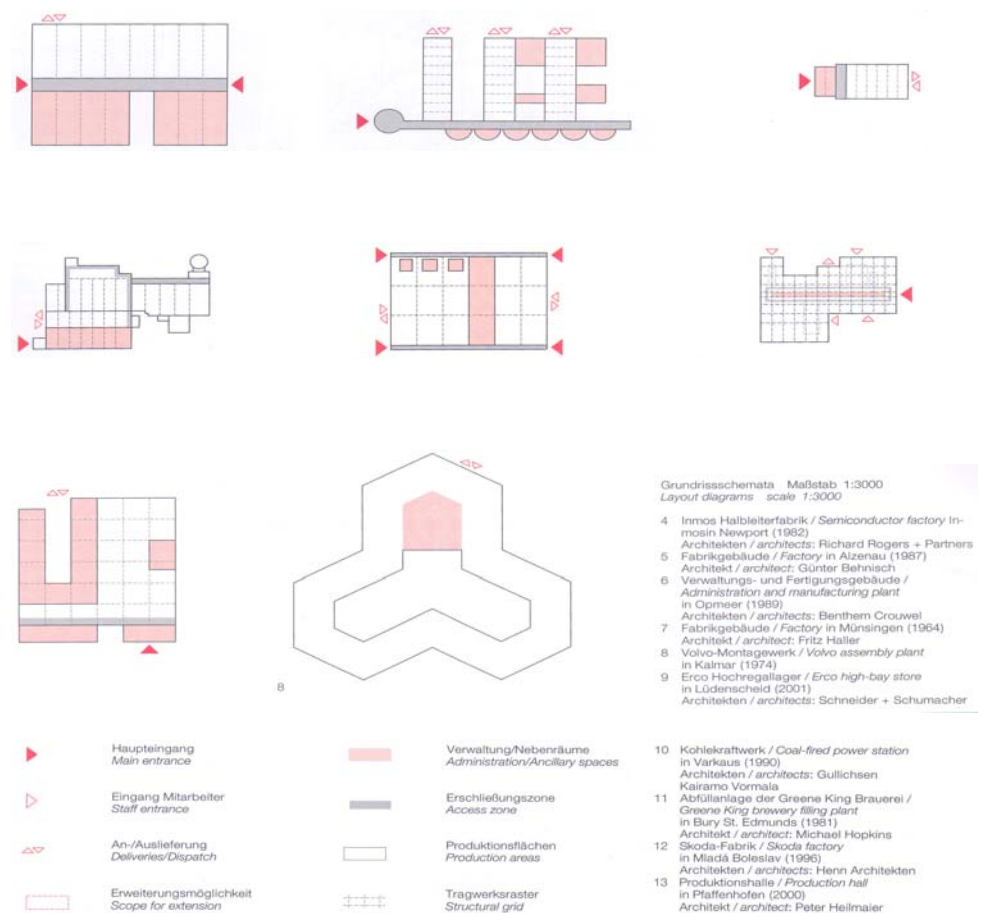


Abb. 4.1: Organisation von Funktionsabläufen (nach Kopp / Rott / Rozyński)

Selbstverständlich existiert eine enorme Varietät an Zwischenformen der vorgestellten Industriehallentypen, die sich als Mischtypen einordnen lassen.

4.2 Fallbeispiel: Inmos Halbleiterfabrik, Newport, GB

Als Fallbeispiel wurde für die vorliegende Untersuchung eine Industriehalle gewählt, der ein eindeutiges Konzept zugrunde liegt: die Inmos Mikroprozessor Fabrik in Newport, Gwent (Großbritannien). Die Inmos-Halbleiterfabrik wurde von Richard Rogers und Partner 1978/79 geplant und im Jahr 1982 fertiggestellt. Die Ingenieure von Anthony Hunt Associates, London, wirkten ebenso an Entwurf und Umsetzung der Inmos-Halle mit. Der umbaute Raum beträgt 50.000m³ und die Nutzfläche beträgt ca. 8.110m². Das Außenmaß der Halle beläuft sich auf 86,4 x 105,6m.

4.2.1 Soll-Zustand der Tragkonstruktion

Wie bereits in der theoretischen Einleitung zum Instrumentarium in Kapitel drei erläutert, entwickelt sich der Soll-Zustand¹⁰⁰ in zwei Schritten:

- Identifizierung der entwurfsbestimmenden Kriterien sowie der zu leistenden Tragkonstruktionsbeiträge, wie sie der Entwerfer in seinem Gesamtkonzept gewichtet hat.
- Deren Überprüfung anhand einer umfassenden Untersuchung sämtlicher Anforderungen an das Bauwerk, die sich aus dem jeweiligen Bautyp, der Bauaufgabe und sonstigen Randbedingungen ergeben. Auf der Grundlage dieser möglichst objektiven Bedarfsanalyse muss die Gewichtung der entwurfsbestimmenden Kriterien gegebenenfalls angepasst bzw. ergänzt werden. Hieraus kann schließlich der Soll-Zustand ermittelt werden.

• Gewichtung der zu leistenden Tragkonstruktionsbeiträge

Bei der Identifizierung wird zunächst einmal festgelegt, welche grundsätzlichen Kriterien in das Modell des Instrumentariums einzutragen sind. Dieser Vorgang stützt sich auf die Analyse des Entwurfskonzepts, wobei zusätzlich ermittelt werden soll, welche Entwurfskriterien stärker gewichtet bzw. betont wurden und wie die Vorstellungen des Bauherrn darin verarbeitet sind.

Bei der Inmos-Halle lassen sich die Zielvorstellung des Bauherren sowie des Architekten und Bauingenieurs folgendermaßen zusammenfassen:

„Der Bauherr forderte ein Gebäude mit Produktionsanlagen für Mikrochips, Büroflächen und Nebenräumen. An die Klimatisierung ergeben sich aus der Produktion von Mikrochips außergewöhnlich hohe Anforderungen. Ein zügiger Entwurfs- und Konstruktionsablauf sollte gegeben sein. [...] Die Architekten modifizierten die Wünsche des Bauherrn und fügten eine Reihe von Zielvorstellungen als Richtlinien hinzu, aus denen das Gebäude entstand. Der Entwurf sollte Änderungen in der Nutzung problemlos zulassen, da das Raumprogramm erst während der Bauphase entstand. Das Gebäude sollte maximale Flexibilität, potentielles Wachstum und wechselnde Raumaufteilung erlauben, um den Anforderungen einer neuen und schnell wachsenden Industrie zu entsprechen; große stützenfreie Flächen waren gefordert. Gebäudeerweiterungen sollten ohne Unterbrechung der Produktion vorgenommen werden können. Entwurf und Konstruktion sollten an das kurzfristige Planungs-Programm des Bauherrn angepasst werden. Der Entwurf musste für jeden Bauplatz geeignet sein. Das Gebäude sollte sowohl als Hochleistungs-, Präzisions-, Produktionsmaschine erscheinen wie auch als freundliches, anregendes Umfeld für die Beschäftigten.“¹⁰¹

Hieran lässt sich erkennen, welche der Kriterien das Entwurfskonzept der Inmos-Halle besonders prägten. Kurz zusammengefasst ergibt sich daraus folgende Kriterienliste:

- Klimatisierung => minimales **Raumvolumen**¹⁰²
- leichte Änderung der Nutzung wie der Raumaufteilung => maximale **Flexibilität**
- Gebäudeerweiterung ohne Unterbrechung der Produktion => problemlose **Erweiterbarkeit**
- Ausdruck für Hochleistung und Präzision => **äußere Gestalt**
- freundliches Umfeld => **Innenraumgestaltung**
- schnelle **Bauzeit**

Diese vorläufige Kriteriensammlung kann nun in die Grundskizze des Instrumentariums eingetragen werden, ohne jedoch schon eine Gewichtung vorzunehmen. (Abb. 4.2)

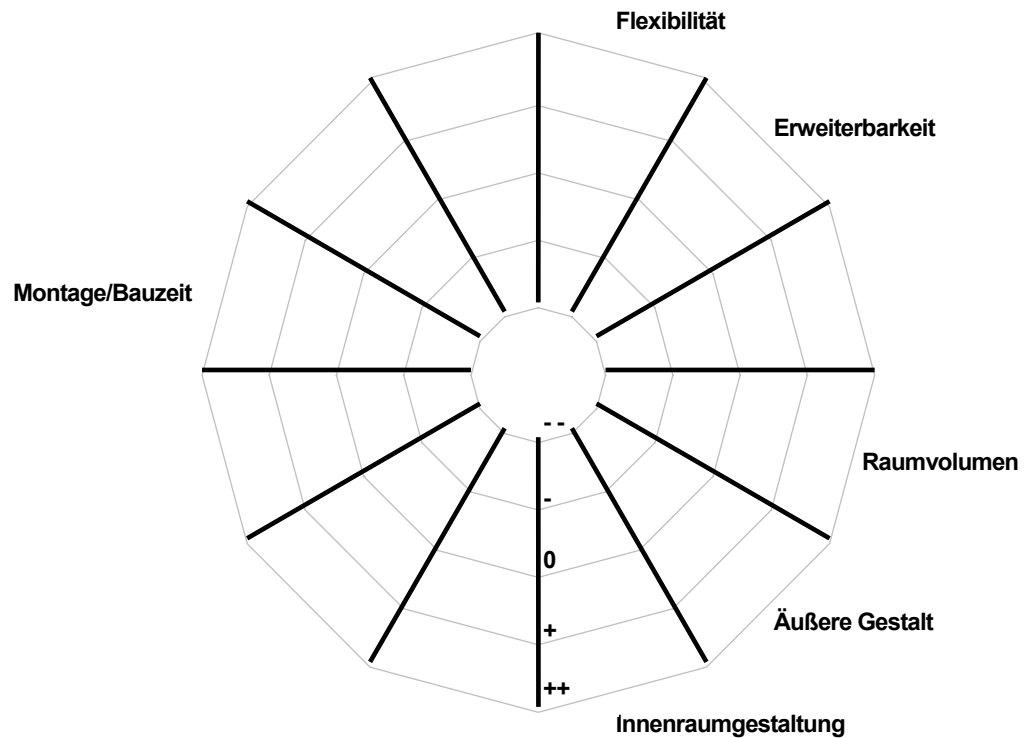


Abb. 4.2: Grundskizze zur Bewertung des Einklangs bei der Inmos-Halle

Hieraus entwickelten Richard Rogers und Partner ein Entwurfskonzept für die Halle, das anhand der drei Bereiche Nutzung, Konstruktion und Gestalt im Folgenden gesondert analysiert werden soll. Auf der Basis dieser Analyse werden auch die zu leistenden Beiträge der Tragkonstruktion (Soll-Zustand) für die einzelnen Kriterien bestimmt.

Charakteristika des Nutzungskonzepts

Entwurfskonzept der Inmos-Halle

„Das Entwurfskonzept des Gebäudes besteht aus einem mehrgeschossigen linearen Verkehrs- und Versorgungsrückgrat, an dem zu beiden Seiten die eingeschossigen stützenfreien Nutzungsbereiche angeordnet sind. Den Hauptteil der Flächen (ca. 50 %) beanspruchen der im Norden gelegene Produktionsbereich

mit Anlagen zur Fertigung von weiterentwickelten Mikrochips – sehr große integrierende Halbleiterschaltkreise – sowie die dazu gehörigen Nebenräume, Anlieferungs- und Auslieferungslager, Labor- und Technikräume. Die Abteilungen der Verwaltung und ein Restaurant liegen an der Südseite des Rückgrats. Ein begrünter Innenhof zwischen den Büros und dem Restaurant sorgt für Tageslicht und geschützte Außenbereiche. Das Rückgrat, 7,20m breit und 106m lang, bildet im Erdgeschoss eine großzügige, natürlich belichtete Kommunikationsstraße, über die beidseitig die Nutzflächen erschlossen werden. Diese interne „Straße“ bietet Raum genug zur Unterbringung von Verkaufsautomaten, öffentlichen Fernsprechern, Sitzgruppen, Zierpflanzen und Wartezonen für die Büros. Die einfache lineare Erschließungsform ermöglicht eine vollständige Sicherheitsüberwachung und kann problemlos in den künftigen Bauabschnitten weitergeführt werden. Dadurch stehen in allen Bauetappen sämtliche Gebäudeeinrichtungen allen Beschäftigten zur Verfügung. Der Produktionsbereich an der Nordseite umfasst den Reinraum, der vom Rückgrat über die Umkleideräume erschlossen wird. Die Umkleideräume, in denen das Personal Spezialkleidung anlegen muss, dienen gleichzeitig als Luft- und Staubschleusen zum Reinraum.“¹⁰³

Dieses Zitat veranschaulicht den konzeptuellen Ansatz hinsichtlich der Nutzungskriterien. Wie man den Ausführungen entnehmen kann, nahmen die Kriterien Flexibilität und Erweiterbarkeit einen hohen Stellenwert im Nutzungskonzept ein. Daher sollte auch der Beitrag der Tragkonstruktion hier den höchsten Wert erreichen (++)). Das Kriterium Belichtung war für das Nutzungskonzept hingegen nicht essentiell. Die Tragkonstruktion musste zur Erfüllung dieses Kriteriums folglich nur einen minimalen Beitrag leisten (0). Das Raumvolumen sollte aus klimatischen Gründen möglichst gering gehalten werden. Daher sollte dem Tragkonstruktionsbeitrag auch in diesem Punkt die höchste Bedeutung zugemessen werden (++)). (Abb. 4.3)

Charakteristika des Gestaltungskonzepts

Die Vorstellungen des Bauherrn gaben nicht nur vor, dass das Gebäude wie eine „Hochleistungs-, Präzisions- und Produktionsmaschine“ erscheinen möge, sondern auch eine freundliche Arbeitsatmosphäre für die Beschäftigten berücksichtigen sollte. Das gestalterische Konzept Rogers benutzt die Tragkonstruktion als prägendes Ausdrucksmittel für den erwünschten Außeneindruck, daher ist der Tragkonstruktionsbeitrag hier maximal anzusetzen (++)). Was die Innenraumgestaltung angeht, spielt die Tragkonstruktion jedoch kaum eine Rolle. Folglich liegt ihr Beitrag nur im Bereich des Minimalen (0). (Abb. 4.3)

Charakteristika des Konstruktionskonzepts

Zentrale Anforderungen im Bereich der konstruktiven Kriterien lagen in der Unterbringung der aufwendigen Installationseinrichtung, die sich aus dem hohen Klimatisierungsgrad der Halle ergab, sowie in einem „zügigen Entwurfs- und Konstruktionsprozess“¹⁰⁴, also einer möglichst kurzen Bauzeit. Rogers Konzept stützt sich folglich auf die Entwicklung einer schnell montier- und erweiterbaren Tragkonstruktion, die gleichzeitig eine große Durchlässigkeit für die Installation bietet. Sowohl für das Kriterium der Installationsführung, als auch für das der Bauzeit werden somit höchste Anforderungen an den Tragkonstruktionsbeitrag gestellt (++)). (Abb. 4.3)

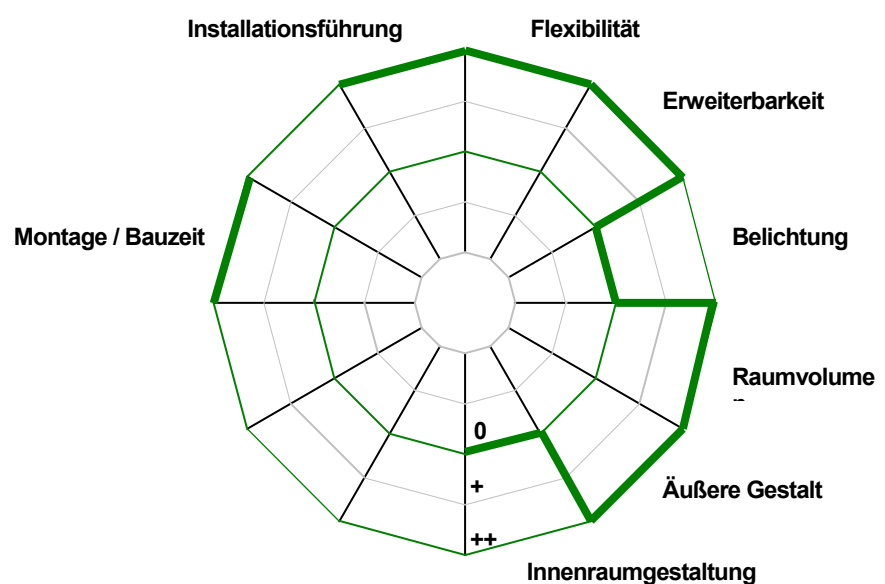


Abb. 4.3: Vorläufige Soll-Zustände bei der Inmos-Halle

- **Objektive Bedarfsanalyse**

Da nicht bei jedem Bauwerk von einem optimalen Entwurfskonzept ausgegangen werden kann - sei es aufgrund widersprüchlicher Anforderungen an das Bauwerk, mangelnder Ausbildung des Entwerfers oder schlicht fehlender Begabung -, werden nicht immer alle relevanten Entwurfskriterien berücksichtigt. Aus diesem Grund ist es notwendig, zusätzlich eine objektive Bedarfsanalyse vorzunehmen, um auch die außer Acht gelassenen Kriterien in den Bewertungsprozess mit einfließen zu lassen. Hierzu gehört eine umfassende Untersuchung sämtlicher Anforderungen an das Bauwerk, die sich aus dem jeweiligen Bautyp, der Bauaufgabe und sonstigen Randbedingungen ergeben. Hält das Entwurfskonzept dieser Überprüfung von außen nicht Stand, muss die Gewichtung der entwurfsbestimmenden Kriterien an die tatsächlichen Anforderungen an die Tragkonstruktion angepasst bzw. ergänzt werden. Erst dann kann der Soll-Zustand der Tragkonstruktionsbeiträge bestimmt werden.

Bezogen auf unser Beispiel der Inmos-Halle ist es sinnvoll, sich erneut den bereits vorgestellten, grundsätzlichen Kriterienpool für Industriehallen anzusehen. Dabei fällt auf, dass vier Kriterien für die Ermittlung des Soll-Zustandes hinzugezogen werden müssen, die im Entwurfskonzept von Rogers nicht ausdrücklich erwähnt sind oder von untergeordneter Bedeutung zu sein scheinen. Es handelt sich um die folgenden Kriterien:

- Herstellung / Technik
- Konstruktive Durchbildung (Raumabschluss)
- Materialaufwand
- Wiederverwertbare Baustoffe

Für alle vier Kriterien wird hier ein mittlerer Beitrag der Tragkonstruktion als Ziel gesetzt, da die Betrachtung des Fabriktyps und des dort hergestellten Produkts wie auch des Standorts und des technischen Know-hows höhere Anforderungen als das Mindestmaß wünschen lassen – daher ein „+“.

Daraus ergibt sich nun der endgültige Soll-Zustand, wie er in der folgenden Abbildung dargestellt ist. (Abb. 4.4)

Graphische Darstellung des Soll-Zustandes

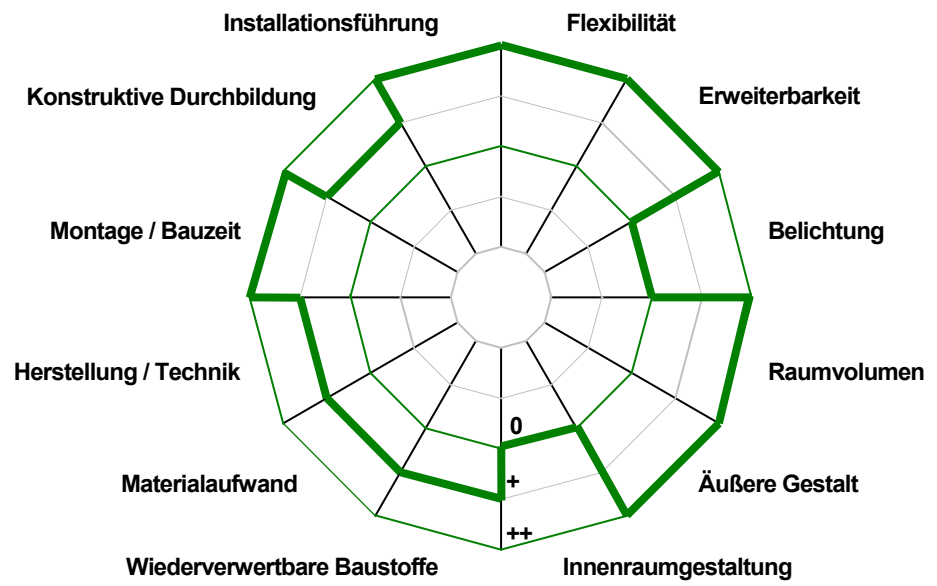


Abb. 4.4: Soll-Zustand der Tragkonstruktions-beiträge bei der Inmos-Halle

4.2.2 Ist-Zustand der Tragkonstruktion

Der theoretische Teil des Instrumentariums beschreibt den Ist-Zustand als das tatsächlich vorhandene Verhältnis von Tragkonstruktion und Gesamtkonzept. Eine präzise Beschreibung des Ist-Zustandes wird aber erst durch die Untersuchung der realen Tragkonstruktionsbeiträge zu den bestimmenden Entwurfskriterien möglich. Vor diesem Hintergrund kann der Ist-Zustand tatsächlich Objektivität für sich beanspruchen.

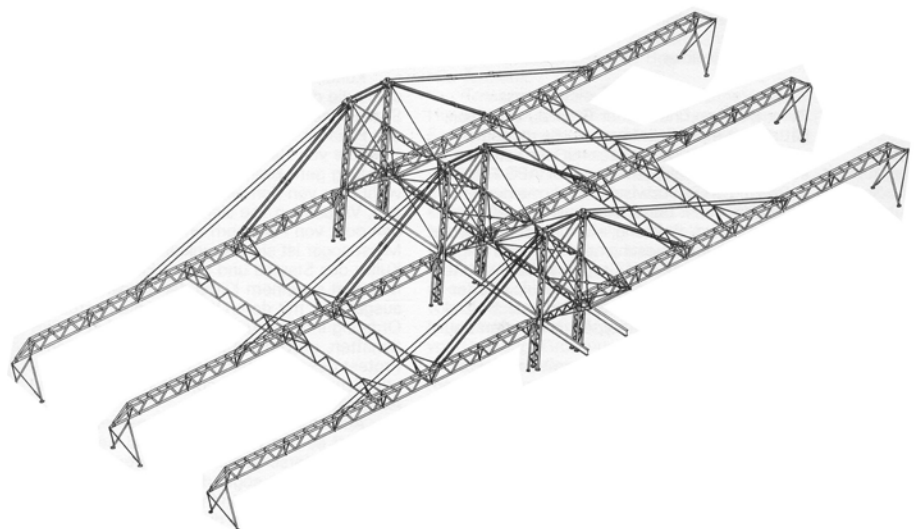
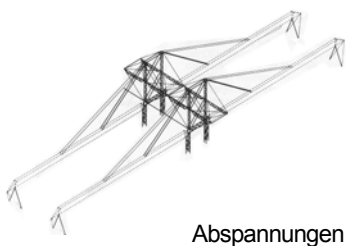
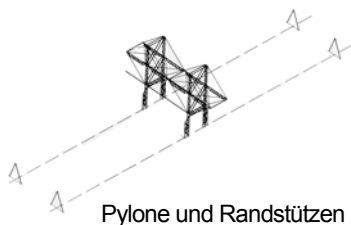
Bevor nun mit der Bestimmung des Ist-Zustandes der Tragkonstruktionsbeiträge bei der Inmos-Halle begonnen werden kann, muss zunächst die Tragkonstruktion selbst genauer analysiert und beschrieben werden.

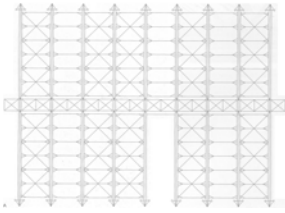
• Beschreibung der Tragkonstruktion

System:

Das gesamte Tragwerk liegt außerhalb des Raumabschlusses und setzt sich aus drei Subsystemen zusammen:

- Pylone und Randstützen
- Hauptträger und Nebenträger
- Abspannungen





„Die Pylone, die das Rückgrat des Tragwerks bilden, dienen zusammen mit den außenliegenden Randstützen als Auflager für die Hauptträger und tragen die anfallenden Vertikal- und Horizontallasten ab. Die Hauptträger überspannen stützenfrei ein Feld von 38 x 13,20m. Sie sind in den Drittelpunkten der Stützweite abgespannt. Das System der Nebenträger bildet das Auflager für die unten angehängte Dachhaut. Sie liegen im Abstand von 6m auf den Hauptträger auf. In den Feldern, in denen horizontale Windverbände angeordnet sind, übernehmen die Nebenträger zusätzlich die Funktion des Druckriegels eines ausgekreuzten Gelenkvierecks. Die am Tragwerk angeordneten Abspannungen erfüllen zwei grundsätzlich unterschiedliche Funktionen:

- Die Hauptabspannungen, die an den Pylonen verankert sind, bewirken eine Zwischenauflagerung der Hauptträger [...]
- Die Abspannungen an den gespreizten Randstützen bewirken eine Teileinspannung des Hauptträgers am Endauflager [...]"¹⁰⁵

Tragkonstruktionsteile:

„Das Rückgrat des Tragwerks wird von 15m hohen Rohrfachträgern gebildet, die 4,8m voneinander entfernt stehen. In den Bereichen über dem Dachtragwerk (Ebene 1 und 2) bestehen die Pylone aus ebenen Trägern, im unteren Bereich werden sie zu dreiteiligen Fachwerkstützen erweitert. Diese Portalrahmen sind in Gebäudelängsrichtung in Ebene 1 durch I-Träger, in Ebene 2 durch Fachwerkträger gelenkig miteinander verbunden. Diese Träger bilden die Druckriegel der zwischen den Portalrahmen angeordneten Auskreuzungen. [...] Die Hauptträger des Tragwerks sind als geschweißte Rohrfachwerkträger mit doppeltem Obergurt, einfachem Untergurt und geneigten Diagonalen ausgeführt. [...] Die Nebenträger liegen im Abstand von 6m und sind als ebene, einfeldrige Rohrfachwerkträger ausgeführt. An den Nebenträgern ist ein quadratischer Rost abgehängt, an dem der horizontale Raumabschluss aus Stahltrapezblech befestigt ist. [...] Die Hauptabspannungen (1 und 2) nehmen die vertikalen Auflagerkräfte des Hauptträgers auf und geben sie am Pylonkopf ab. Die beiden

Pylonköpfe sind durch Zuglieder (3) miteinander verbunden, so dass in die Pylone nur Normalkräfte eingeleitet werden.“¹⁰⁶

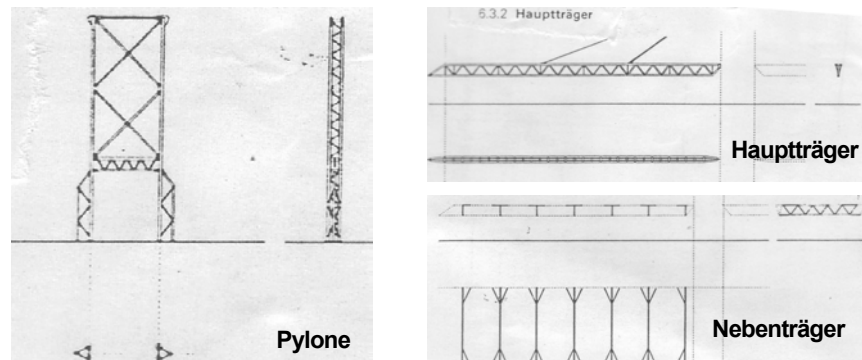


Abb. 4.6: Tragwerksteile wie Pylone, Haupt- oder Nebenträger

Fügung der Tragkonstruktion:

Das Fügungsprinzip des Tragwerks lässt sich sowohl anhand der Fügungsverbindung zwischen den Elementen und dem Tragwerksteil, als auch anhand der Fügung der Tragwerksteile untereinander sowie durch ihr Verhältnis zu Subsystem und Gesamttragkonstruktion unterscheiden. Das additive Fügungsprinzip legt die einzelnen Konstruktionsteile zudem als elementare Bestandteile offen.

- **Gewichtung der tatsächlichen Tragkonstruktionsbeiträge**

Der Begriff Einklang steht für das harmonische Verhältnis zwischen Tragkonstruktion und Architektur innerhalb eines Bauwerks. Dieses Verhältnis ist oftmals nicht ausschließlich anhand von Texten nachvollziehbar, so dass die folgenden Erläuterungen so oft wie möglich mit Abbildungen belegt werden.

Selbstverständlich besteht nicht immer ein Verhältnis gegenseitiger Beeinflussung zwischen einem Kriterium und der Tragkonstruktion (Systembeitrag, Beitrag der Teile, Beitrag der Fügung). Ist also kein Beitrag der genannten System-Komponenten zum jeweiligen Kriterium vorhanden, verzichtet die folgende Darstellung auf eine Erläuterung.

- **Beitrag zur Flexibilität**

Die Funktionalläufe, denen die Grundrissgliederung folgt, sind nach dem Rückenprinzip gebaut. Das **System** unterstützt dieses Rückenprinzip, indem die Stützpunkte die drei Hauptnutzungsbereiche Montage, Kommunikation und Büro in Abgrenzung zur Erschließungszone gliedern. Diese drei Bereiche können ohne großen Aufwand beliebig neu aufgeteilt werden.

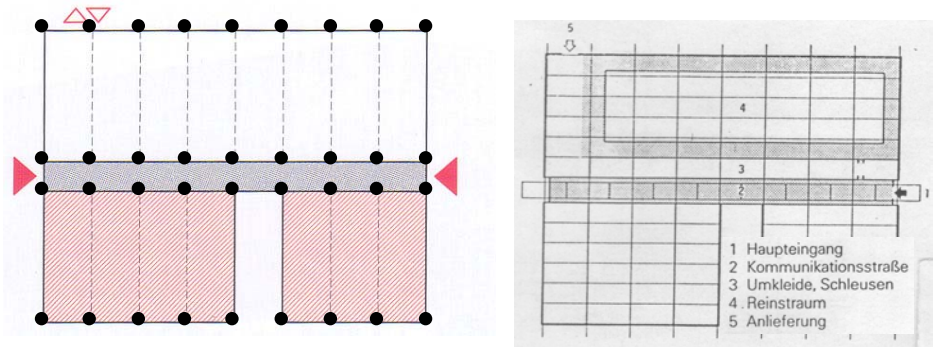


Abb. 4.7: Zusammenhang von Stützpunkten und Grundrissgliederung

Die standardisierten **Teile** haben für das Kriterium Flexibilität lediglich eine indirekte Bedeutung. Sie bleiben in ihrer Funktion daher weitgehend neutral. Die Tragkonstruktion eröffnet über ihr **Fügungsprinzip** Optionen der Systemweiterführung. So verfügt das System über gelenkige, lösbare Bolzenverbindungen, die ihren Beitrag zu Flexibilität und Erweiterbarkeit leisten. Außerdem wird die Fügung dem Anspruch dieser beiden Kriterien unabhängig von ihrem Platz im System gerecht (d.h. zwischen Pylonen, Portalrahmen oder Hauptträgern gleichermaßen).

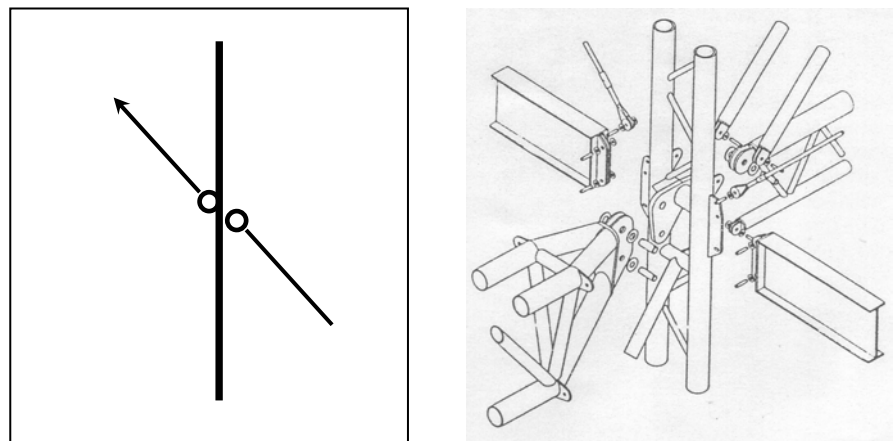


Abb. 4.8: Erweiterbarkeit durch das entwickelte Fügungsprinzip

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass hinsichtlich des Aspekts Flexibilität eine höchstmögliche Optimierung des Systems erreicht wurde und der Tragkonstruktionsbeitrag daher mit „++“ bewertet werden kann. (Abb. 4.22)

- **Beitrag zur Erweiterbarkeit**

Das entsprechend dem Bauprogramm in eine Richtung ausgerichtete Tragsystem stimmt mit den rechteckigen Abmessungen der Grundrissform¹⁰⁷ überein. Die dadurch entstandenen rechteckigen Raster eröffnen Erweiterungsoptionen des **Systems**, die auch im Falle einer baulichen Erweiterung eine Weiterführung des Betriebs ohne Störung ermöglichen würden.

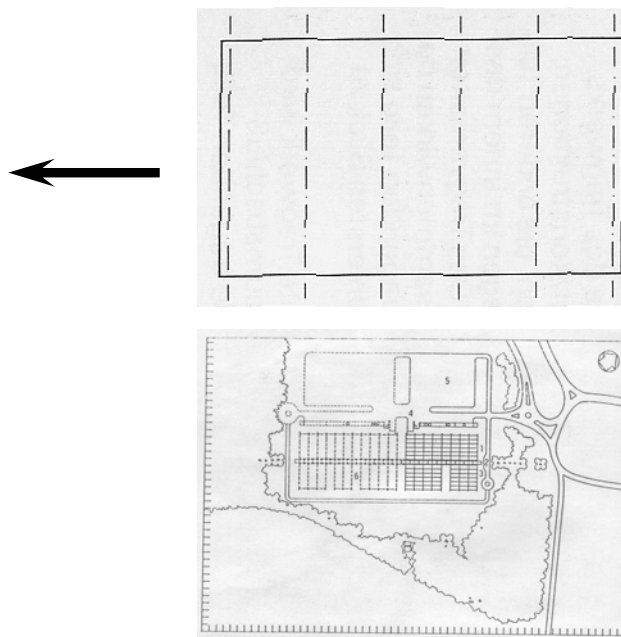


Abb. 4.9: Gerichtete Systeme erlauben Erweiterungen in eine bestimmte Richtung

Für die Bedeutung der **Teile** im Hinblick auf das Kriterium Erweiterbarkeit lässt sich das gleiche konstatieren wie für das bereits erläuterte Kriterium Flexibilität.

Entsprechend fällt der Beitrag der **Fügung** zur Erweiterbarkeit ähnlich aus wie der Beitrag der Fügung zur Flexibilität. Die erreichte Optimierung der Tragkonstruktion harmoniert in höchstmöglichem Maße mit dem Kriterium Erweiterbarkeit und ist daher ebenfalls mit „++“ zu bewerten. (Abb. 4.22)

- **Beitrag zum Raumvolumen**

Das Bauvolumen einer Halle mit derartigen Abmessungen hängt entscheidend vom beanspruchten Raum der Tragkonstruktion ab. Der dadurch drohende Raumverlust ist nur durch ein außenliegendes Tragkonstruktionssystem zu verhindern. Somit entspricht das hier gewählte **System** dem Anspruch eines möglichst reduzierten Bauvolumens in hohem Maße.

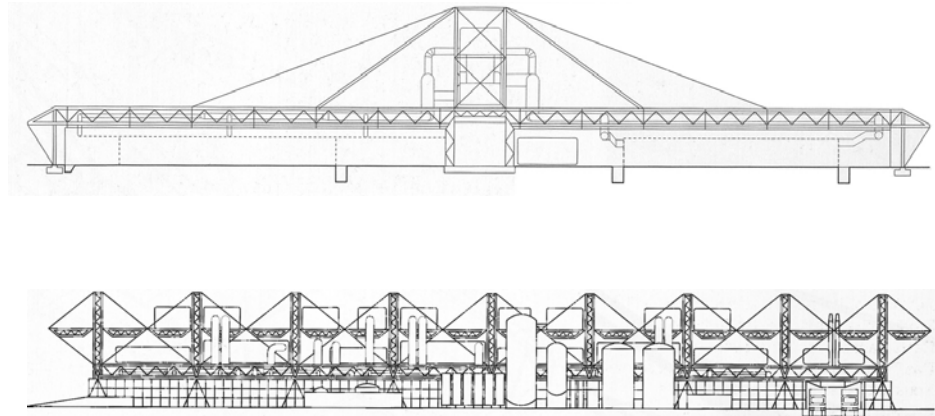
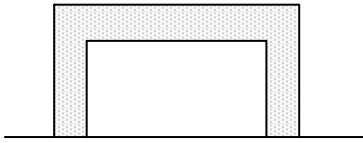


Abb. 4.10: Vorder- und Seitenansicht der Inmos-Halle

Es besteht sowohl zwischen den **Tragkonstruktionsteilen** und dem Kriterium Bauvolumen, als auch zwischen **Tragkonstruktionsfügung** und genanntem Kriterium kein Verhältnis gegenseitiger Beeinflussung. Der Einklang zwischen Tragkonstruktion und einem Mindestmaß an umbautem Raum fällt sehr positiv aus und wird daher mit „++“ bewertet. (Abb. 4.22)

- **Beitrag zur Belichtung**

Das gewählte **Tragkonstruktionssystem** unterstützt – wie gefordert – ausschließlich die natürliche Belichtung der Kommunikationszone. Sie lässt einen Lichtstreifen entstehen, der diese zu beiden Seiten einrahmt und die Tragkonstruktion aus der Perspektive des Innenraums transparent gestaltet. Sowohl der Beitrag der **Teile**, als auch der Beitrag der **Fügung** zum Kriterium Belichtung ist kaum nennenswert.



Abb. 4.11: Blick in die Kommunikationsstrasse der Inmos-Halle

Die Tragkonstruktion reagiert auf die Erfordernisse des Nutzungskonzepts, das einen Beitrag der Tragkonstruktion zur Belichtung der Kommunikationsstrasse fordert, jedoch nicht zur Belichtung der Hauptnutzungsräume. Das Belichtungskonzept schafft aber, trotz des durch die Offenlegung der Tragkonstruktion technisch geprägten Eindrucks, eine freundliche Atmosphäre und kann somit als gelungen betrachtet werden. Die Bewertung fällt damit positiv aus: „+“ .

- **Beitrag zur äußeren Gestalt**

Das gewählte **System** schafft ein flexibles und erweiterbares Erscheinungsbild der Halle und ist zugleich Ausdruck der drei Hauptnutzungsbereiche. Die Pylonen-Portalrahmen betonen die Kommunikationsstrasse, die wie ein Rückgrat die Halle durchzieht.



Abb. 4.12: Pylonen markieren die Erschließungszone

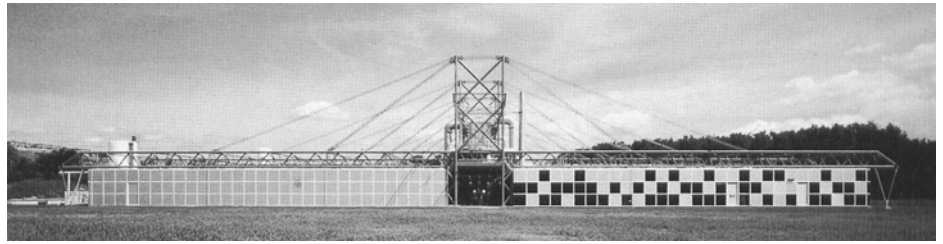


Abb. 4.13: Hauptträger und Abspannungen als Elemente des Erscheinungsbilds

Durch den additiven Aufbau der **Teile**, Subsysteme und die Zuordnung einzelner Funktionen (Ziehen, Stützen, Aussteifen) wird ein hohes Maß an Transparenz und die Ablesbarkeit des Tragverhaltens ermöglicht. Dem Hochleistungs- und Präzisionsanspruch dieses Systems entspricht besonders der Baustoff Stahl.

Die Beiträge der **Fügung** werden durch Abb. 4.14 veranschaulicht.

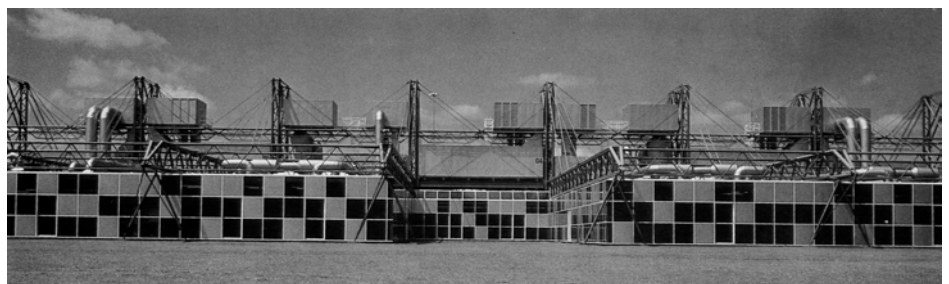
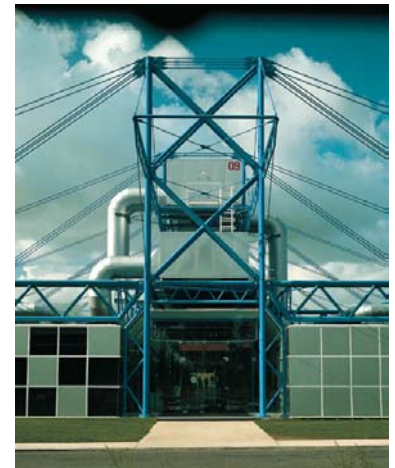
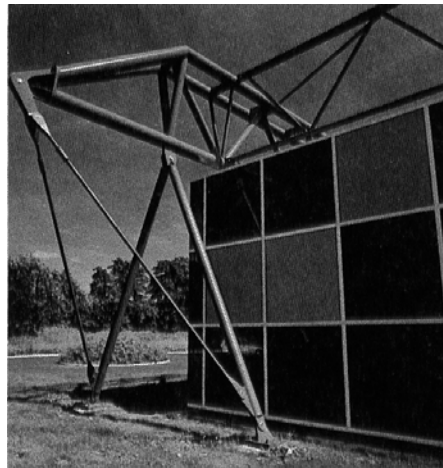


Abb. 4.14: Die konstruktive Durchbildung von Details prägt die äußere Gestalt der Halle

An Stelle des Standortkontextes wurde dem **Tragkonstruktions-system** als Gestaltungselement eine zentrale Rolle für das Erscheinungsbild zuerkannt und dies entsprechend konsequent umgesetzt. So bildet die Tragkonstruktion in diesem Fall das gestalterische und äußere Gegenstück zu den im Inneren

ablaufenden Produktionsprozessen einer hochmodernen Halbleiterfabrik. Der Beitrag der **Tragkonstruktionsteile**, als auch der Beitrag der **Fügung** im Hinblick auf dieses Kriterium ist kaum nennenswert.

Hinsichtlich des Erscheinungsbilds ergibt sich zusammengefasst ein sehr hoher Optimierungsgrad der Tragkonstruktion – also „++“.

- **Beitrag zur Innenraumgestaltung**

Für die Innenraumgestaltung hat das **Tragsystem** keine unmittelbare Bedeutung, denn es ist für den Betrachter während des Aufenthalts in den Hauptnutzflächen nicht wahrnehmbar.



Abb. 4.15: Einblick in einen Nutzungsraum (links) und die Kommunikationsstrasse (rechts)

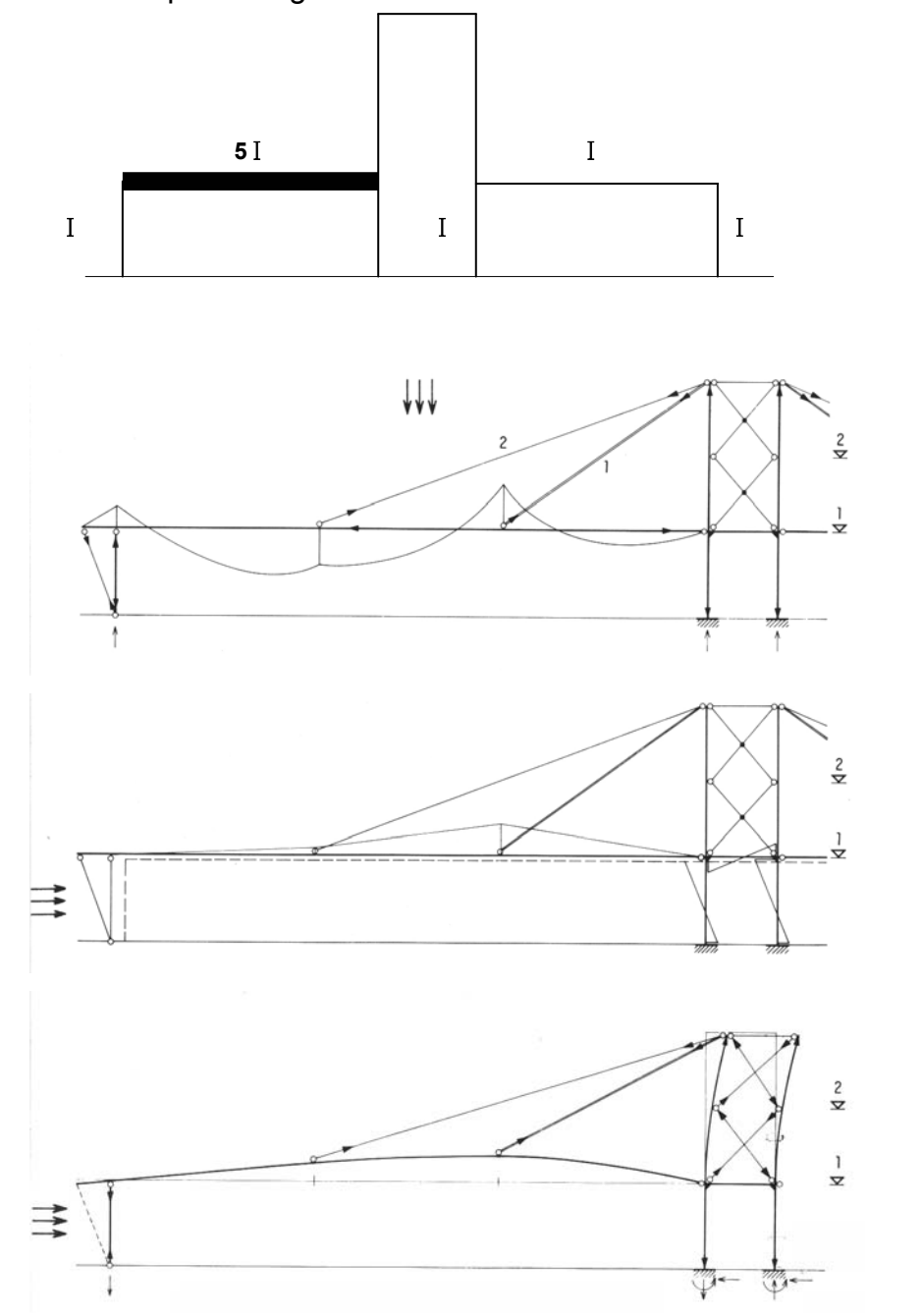
Allerdings legt die Konstruktion der Kommunikationsstraße die unteren **Pylonteile** offen. Auf diese Weise fungieren die Pylonteile nicht nur als Raumgliederung, sondern werden durch ihre Farbigkeit zu gestaltenden Elementen.

Die Beiträge der **Fügung** sollen durch die (Abb. 4.15) illustriert werden.

Da der Aspekt der Innenraumgestaltung von der Tragkonstruktion nicht beeinflusst wird, ist dieses Kriterium auf der Bewertungsskala auf minimalem Niveau einzustufen. („0“)

- **Beitrag zum Materialaufwand**

Eine Optimierungsvariante der Tragfunktion ist der Verlauf der Momente über die - durch die Abspannung entstandenen - dreifeldrigen Hauptträger. Das gewählte **System** bedient sich dieser Variante. Eine weitere Optimierungsvariante zeigt sich in der Umwandlung der großen Momente in Zug - und Druckkräfte. Dieser Transformationsprozess dient der Auflösung der **Teile**, wie z. B. der Auflösung eines Hauptträgers in einen Rohrfachwerkträger. Dadurch wird die Abmessung der Tragwerksteile wesentlich reduziert. Darüber hinaus ist die Ausführung des doppelten Obergurts und des einfachen Untergurts der Biegebeanspruchung eine Detailoptimierung.



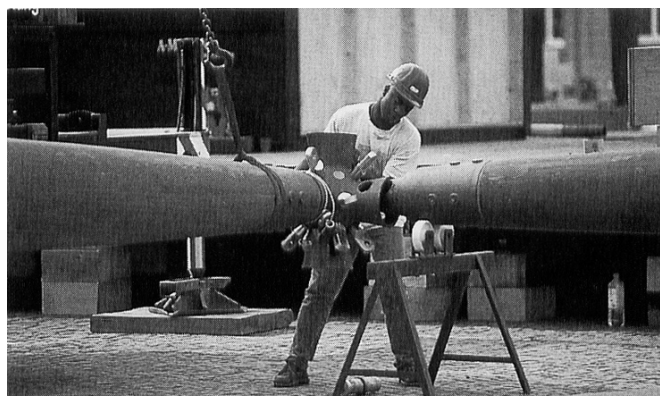
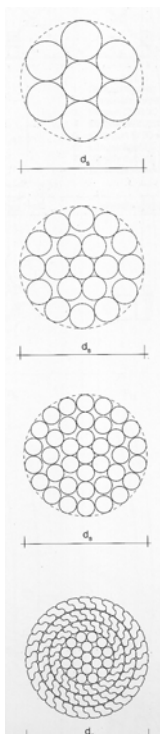
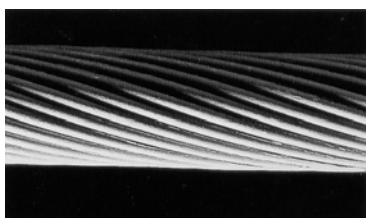
Vom Primat der Optimierung ausgehend, zeigt die Verwendung von Rohrprofilen, dass bei gedrückten Elementen stets eine beidseitige und gleichbleibende Knicksteifigkeit gewährleistet ist. Der Aufbau der **Fügung** orientiert sich am Kräftefluss, der Geometrie und montagetechnischen Gesichtspunkten. Besonders das additive Fügungsprinzip zeigt einen optimierten Kräftefluss, der sich auf die gesamte Fügung verteilt.

Wirtschaftlich betrachtet sind alle diese Optimierungsarten kostensenkenden Charakters und wirken sich entsprechend positiv auf die Gesamtkosten der Tragkonstruktion aus. (+)

- **Beitrag zur Herstellung / Technik**

Einbausatzartiger Aufbau des Haupttragwerks durch bereits fabrizierte Einzelteile aus Stahl ermöglicht eine einfache, schnelle und feldweise Errichtung des Gebäudes. Die Bauteile sind bei Verlassen der Werkstatt montagefertig und mit den notwendigen Korrosionsschutzsystemen versehen. Die Hohlprofile der Einzelteile erfordern eine hohe Maßgenauigkeit beim Herstellungsprozess, was zugleich mit einem entsprechenden Kostenaufwand verbunden ist. Gleicher Präzisionsanspruch gilt auch für die Herstellung der Fügstellen zwischen Stahl und anderen Gewerken. Bei der Inmos-Halle wirkte sich die Verwendung von Stahl im Hinblick auf die Kosten nicht negativ aus, da Großbritannien selbst Stahlproduzent ist.

Da die Baustoffsressource und das Know-how im Umgang mit diesem optimal ausgeschöpft wurde, fällt die Beurteilung „+“ aus.



- **Beitrag zur Montage / Bauzeit**

Der Ablauf der Montage, der auf der Abbildung deutlich wird, zeugt von einer optimalen Leistung der Tragkonstruktion zur Verkürzung der Bauzeit.(„++“)

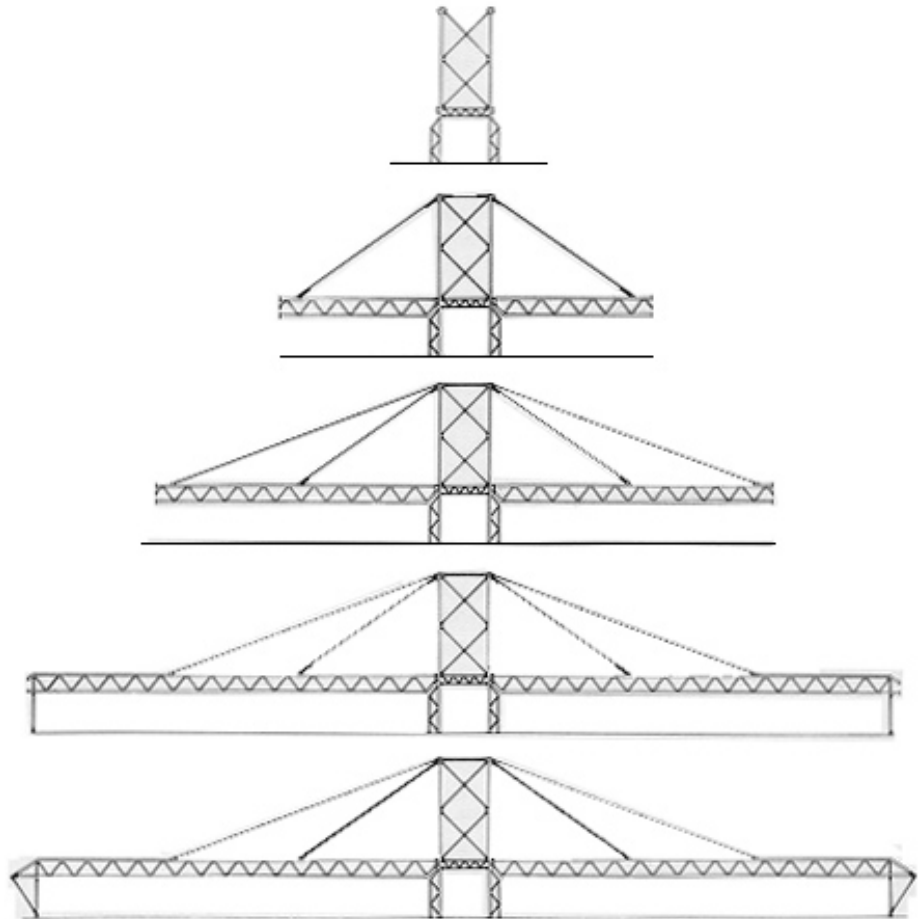


Abb. 4.18: Montage der Tragkonstruktion

- **Beitrag zur konstruktiven Durchbildung des Raumabschlusses**

Der vertikale Raumabschluss aus industriell gefertigten austauschbaren Wandelementen ist die Antwort des Entwerfers auf die hohen Flexibilitätsanforderungen. Durch die innenliegenden Fassadenstützen und die nach außen flachen und horizontalen Sprossen erhält die Fassade ihr filigranes und geometrisches Erscheinungsbild. Die inneren raumabgrenzenden Teile sind vom Haupttragssystem unabhängig, d.h. die Tragkonstruktion hat keinen Einfluss auf die Anordnung der Räume. Lediglich eine Ablösung des Fassadenaufbaus wird vom **Tragkonstruktionssystem** positiv

unterstützt, während dagegen der horizontale Raumabschluss negativ beeinflusst wird. So erzeugen die Abhängungen der in 6 m Abständen stehenden Nebenträger zahlreiche Durchdringungspunkte im horizontalen Raumabschluss. Auf diese Weise ist das Risiko von Abdichtungsmängeln beim Hallendach sehr hoch und der Beitrag des Tragkonstruktionssystems zum Kriterium Abdichtung / Raumabschluss ist insgesamt mangelhaft.

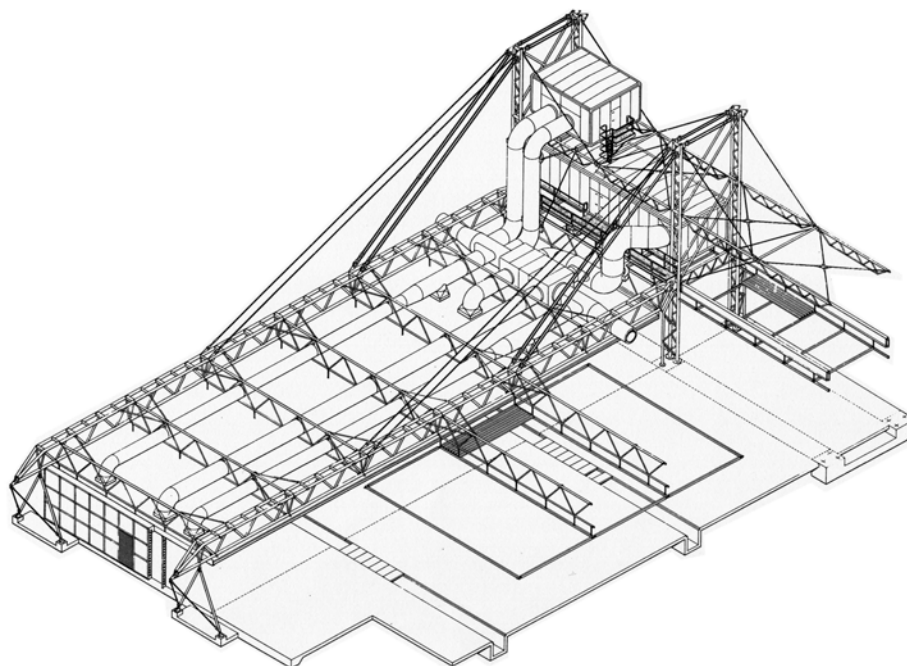


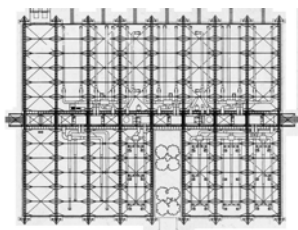
Abb. 4.19: konstruktiven Durchbildung des Raumabschlusses

Aus oben angeführten Gründen wirkt sich die Tragkonstruktion auf die Abdichtung des Gebäudes nachteilig aus. Entsprechend fällt die Bewertung mit „-“, negativ aus.

- **Beitrag zur Installationsführung**

Das gewählte **System** erlaubt unterschiedliche Installationsausmaße der zentralen Vorrichtungen, wie Installationsboxen, Hauptleitungskanäle, Versorgungsleitungen und die Energiezentrale für Wärme und Kaltwasser.

Die Filigranität der Hauptträger und die Pylonen ermöglichen als **Teile** der Tragkonstruktion eine offene Installationsführung der Rohrleitungen in unterschiedliche Richtungen. Der Beitrag der



Fügung ist für die Installationsführung von untergeordneter Bedeutung.

Kurze Leitungswege, eine leichte äußere Zugänglichkeit für Revisionsarbeiten oder die Arbeit an Systemen und eine offene Leitungszone werden von der Tragkonstruktion unterstützend ergänzt. Auf diese Weise bilden Tragkonstruktion und Installation in dieser Halle eine Einheit, d.h. die Bewertung fällt positiv aus („++“).

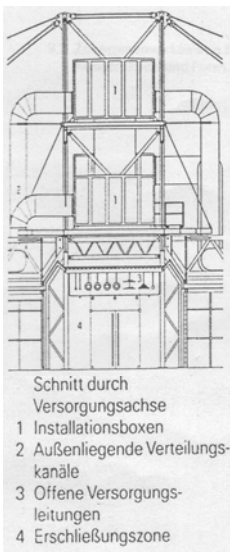


Abb. 4.20:
Zwei Geschosse mit Installationsboxen



Abb. 4.21:
Dachaufsicht, außenliegende Verteilungskanäle zu den unterschiedlichen Nutzungsbereichen



- Graphische Darstellung des Ist-Zustandes

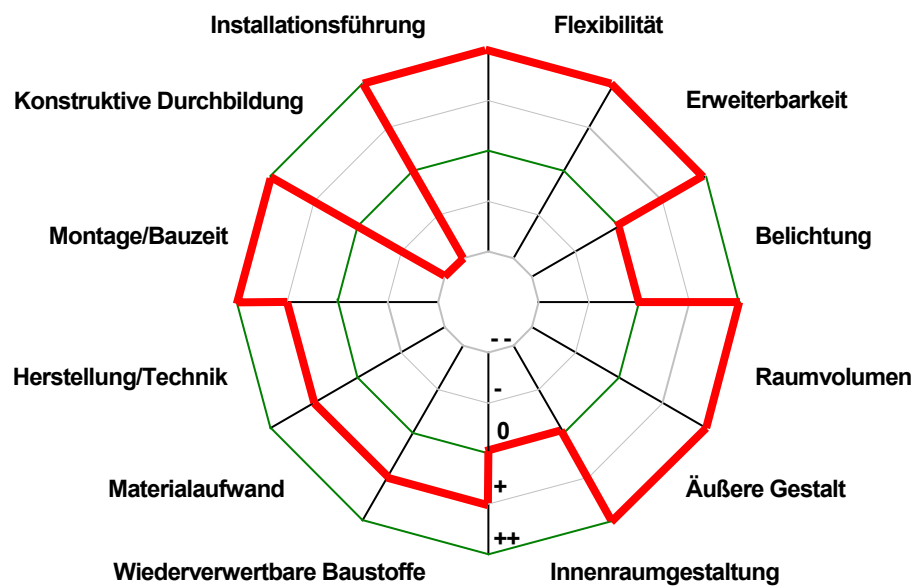


Abb. 4.22: Ist-Zustand für Tragkonstruktionsbeiträge bei der Inmos - Halle

4.2.3 Bewertung des Einklangs

Rogers Umsetzungsweise des Bautyps steht nicht nur für einen klaren konzeptuellen Ansatz, sondern auch für die Transparenz der Planungsprinzipien.

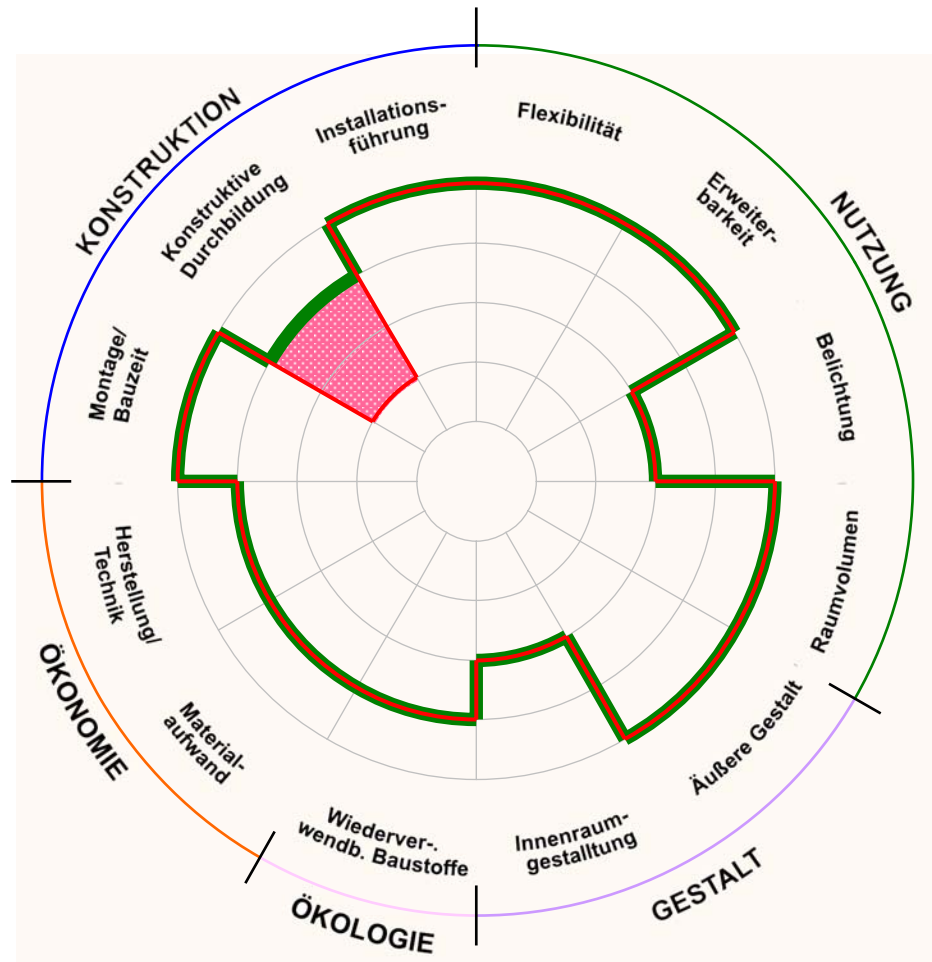
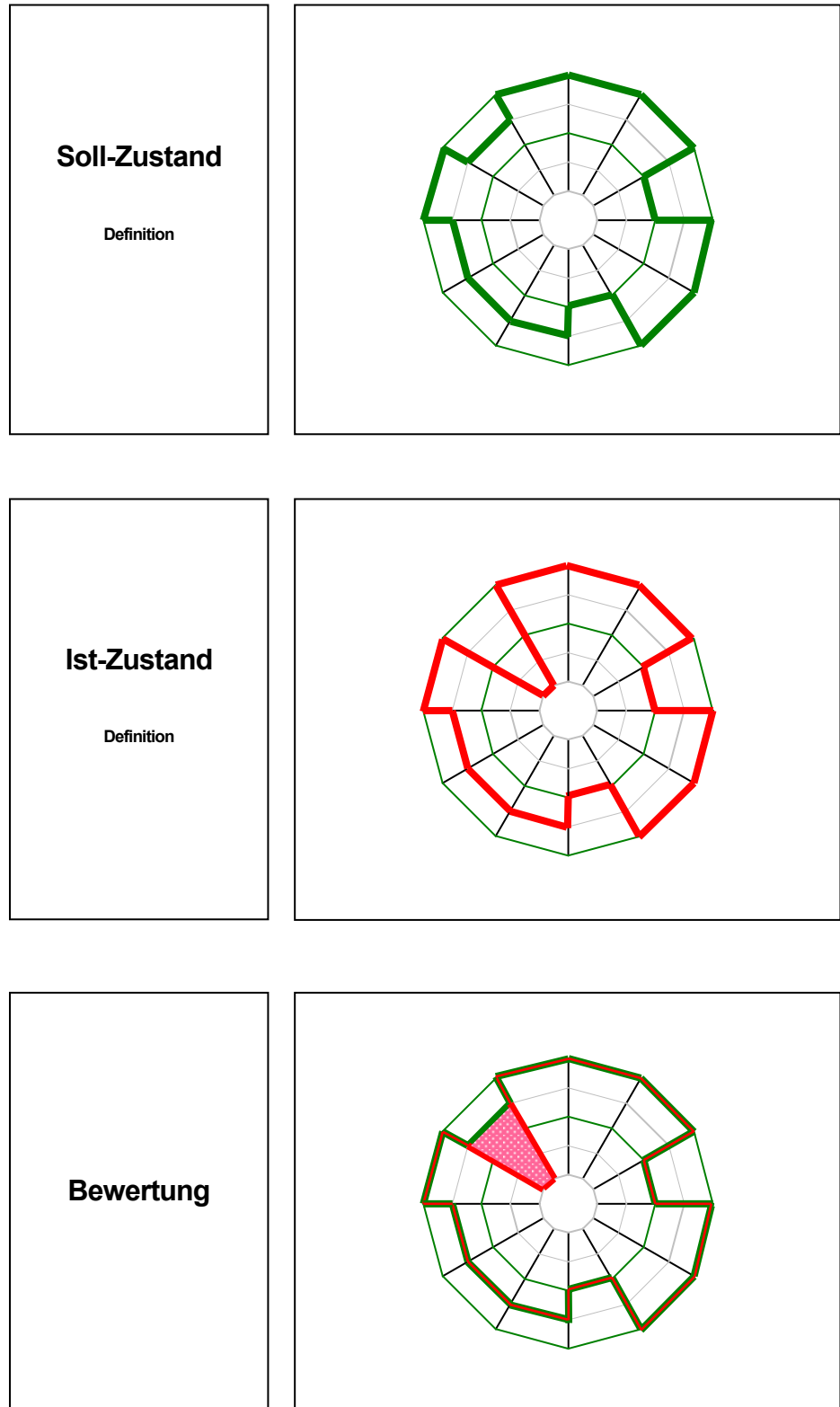


Abb. 4.23: graphische Darstellung zur Beurteilung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur der Inmos - Halle

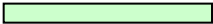

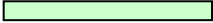
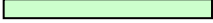

Wie bereits erwähnt, basiert die Beurteilung des Einklangs auf dem Vergleich und der Interpretation des Unterschieds zwischen Soll- und Ist-Zustand. Die oben gezeigte Graphik beweist - bis auf die mangelhafte Erfüllung des Kriteriums „konstruktive Durchbildung“ (die dunkelrote Fläche steht für einen Ist-Zustand, der gravierend vom Soll-Zustand abweicht) - eine weitgehende Übereinstimmung beider Zustände.

Zusammenfassung

Graphische Zusammenfassung der Bewertung des Einklangs



Diskussion der These - Schlußfolgerung

	These
	Grundlagen der Diskussion
	
	
	Diskussion

5 Diskussion der These – Schlussfolgerung

5.1 Darstellung der Theorien anhand exemplarischer Beispiele

5.1.1 Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten:
„Tragsysteme“ von Heino Engel

5.1.2 Integrative Ausbildung:
„Institut für Entwerfen und Konstruieren“ der Universität Stuttgart

5.1.3 Monokausale Betrachtungsweise: Forschungsarbeit
„Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“

5.2 Diskussion der aufgestellten These

5.2.1 Beispiele fehlenden Einklangs

5.2.2 Zusammenhang von Lehre, Denkweise und Bauresultat

5.3 Schlussfolgerung

5.4 Ausblick

5. Diskussion der These - Schlussfolgerung

Nachdem in den drei vorangegangenen Kapiteln der Einklang von Tragkonstruktion und Architektur definiert und ein Instrumentarium zu seiner Untersuchung erarbeitet wurde, kann sich auf dieser Grundlage nun die Diskussion über die Erscheinungsformen und Ursachen des fehlenden Einklangs bei einer Auswahl von Bauwerken anschließen (siehe Kapitel 5.2).

Dazu ist es notwendig, detaillierter auf die in der Forschungsliteratur vertretenen Lösungsansätze einzugehen, um den Standpunkt des Verfassers einordnen zu können.

Zunächst werden deshalb drei repräsentative Arbeiten einander gegenübergestellt. Danach folgt - anhand von Beispielen - die Darstellung der eigenen These und eine vergleichende Betrachtung im Rahmen der Diskussion. Ein Ausblick gegen Ende der Arbeit greift schließlich Verbesserungsvorschläge des Verfassers auf.

5.1 Darstellung der Theorien anhand exemplarischer Beispiele

Wie in der Einleitung beschrieben, lassen sich drei Auffassungen bezüglich der Ursache der unbefriedigenden Qualität von Tragkonstruktionsentwürfen differenzieren. Die erste Richtung legt ihren Fokus auf die ungeeignete Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten. Die zweite Position bemängelt die fehlende Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren in der Ausbildung, während die dritte das Problem auf sogenannte Ingenieurbauten und wirtschaftliche Aspekte begrenzt. Im Folgenden werden exemplarisch drei Arbeiten dieser Richtungen herausgegriffen, die bedeutende Beiträge zum Thema der vorliegenden Untersuchung geleistet haben.

- Als Vertreter der ersten Richtung kann Heino Engel mit seinem Werk „Tragsysteme“ angesehen werden.
- Für die zweite Position wird das „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ der Universität Stuttgart angeführt, das eine Integrationsform während der Ausbildung darstellt.

- Der Standpunkt der dritten Richtung wird beispielhaft anhand der Forschungsarbeit „Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“ der DFG-Forschergruppe FOGIB veranschaulicht.

5.1.1 Vermittlungsmethode der Tragwerkslehre für Architekten: „Tragsysteme“ von Heino Engel

Das 1967 erschienene Werk „Tragsysteme“ entstand aus einer Vorlesungsreihe Engels an der Architekturschule der Universität von Minnesota, deren Initiator Ralph Repson war.

Aufnahme in der Fachwelt

Im Vorwort des 1997 erneut publizierten Bands „Tragsysteme“ schreibt Heino Engel rückblickend:

„Bei seinem Erscheinen 1967 hat das Buch TRAGSYSTEME ein zwiespältiges Echo in der Fachwelt-Leserschaft hervorgerufen:

- Anerkennung für den unkonventionellen Versuch, die Domäne des Tragwerkentwurfes wieder in die Hand des Architekten zurückzugeben,
- Kritik an dem unkonventionellen Anspruch, Tragwerklehre nicht über rechnerische Analyse, sondern über simple Bildsprache vermitteln zu können.

Von Seiten der ‚reinen‘ Statiklehre wurde sogar die Befürchtung gehegt, das Buch könne zum Verführer für den entwerfenden Architekten werden!“¹⁰⁸

Hinsichtlich der Akzeptanz seiner Thesen äußert der Autor weiterhin:

„Die in diesem Buch entwickelte Ordnung der Tragwerke im Bauen wurde für viele nachfolgende und weiterführende Studien als Richtschnur zugrunde gelegt; die hier vorgestellten Thesen, Analysen und Formentwicklungen haben in Schule und Praxis, wenn nicht uneingeschränkte Akzeptanz, so doch kontinuierliche Diskussion erfahren.“¹⁰⁹

In diesem so erfolgreich wie umstrittenen Werk nähert sich Engel dem Problem der Entwurfsqualität von Tragkonstruktionen seitens der Vermittlungsmethode für Architekten:

Problemwahrnehmung

„Das Wissensgebiet ‚Tragwerklehre‘ hat sich durch Vielfalt und Umfang der Teilgebiete längst dem ganzheitlichen Verständnis entzogen. (...) Die Problematik gewinnt noch an Tragweite durch den traditionellen, gleichwohl irrationalen Argwohn des gestaltenden Architekten gegenüber allen Vorgaben, die wegen ihrer wissenschaftlichen Grundlage berechnet bzw. logisch abgeleitet werden können. Anwendung von normativen Grundlagen ob inhaltlich, instrumental oder prozessual gilt allgemein als Behinderung der kreativen Entfaltung. Unbewusst werden somit Kenntnismängel in Grunddisziplinen, wie die Tragwerklehre eine ist, legitimiert und ein Unvermögen stillschweigend zur Tugend gemacht.“¹¹⁰

Lösungsansatz

Als Lösungsansatz schlägt Engel eine Systematisierung vor, mit deren Hilfe sich das komplexe Sachgebiet der Tragwerkslehre besser erschließen lässt.¹¹¹ Unter Systematisierung versteht er „Identifizierung, Gliederung und Aufschlüsselung der Inhalte unter einem bestimmenden Ordnungsprinzip.“¹¹² Dabei sieht Engel als „Schlüssel zur Erschließung der Gesamtheit der existierenden und möglichen Tragwerke für die kreative Handhabung [...] eine Systemtheorie für Tragwerke, aufgebaut auf deren grundlegenden Funktion, Kräfte umzulenken, bildlich vermittelt durch die Systemmerkmale

- mechanische Wirkungsweise
- Form- und Raumgesetze
- Gestaltungspotential“¹¹³

Diese Systemtheorie beruht auf der Untergliederung der Tragkonstruktion in fünf Mechanismen der Kräfteumleitung, wie die folgende Abbildung verdeutlicht. (Abb. 5.1)

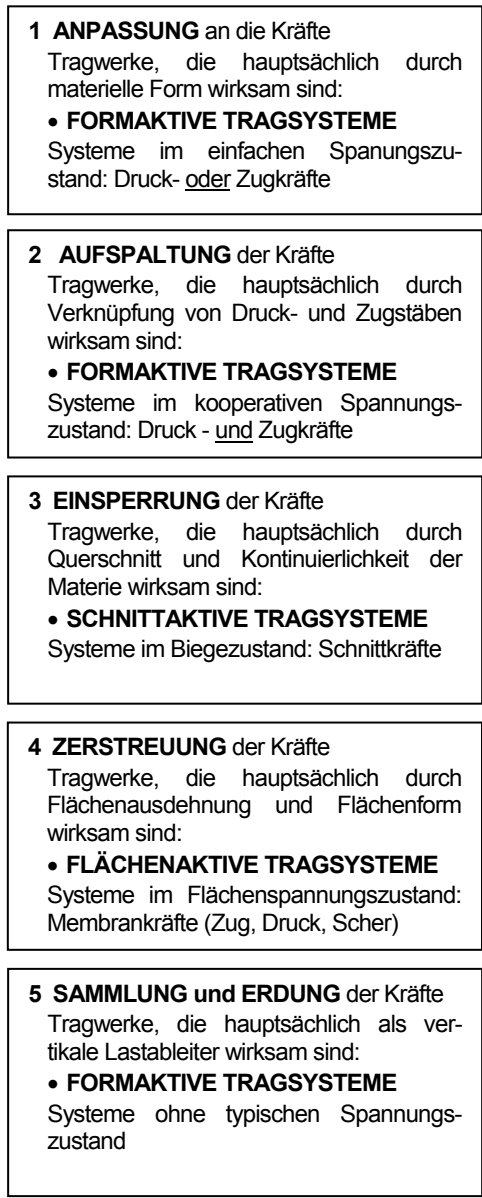


Abb. 5.1: Fünf Mechanismen der Kräfteumleitung nach Engel

Engels erklärtes Ziel war es, die Tragwerkslehre für Architekten zu vereinfachen bzw. verständlich zu machen. Deshalb verzichtet er in seinem Werk auf mathematische Berechnungen. Seiner Meinung nach sind diese „für die Entwicklung von Tragkonzepten ohne Bedeutung.“(!)¹¹⁴ Folglich erklärt er das Tragverhalten der jeweiligen Mechanismen ausschließlich über Schaubilder, wie die folgende Abbildung beispielhaft zeigt. (Abb. 5.2)

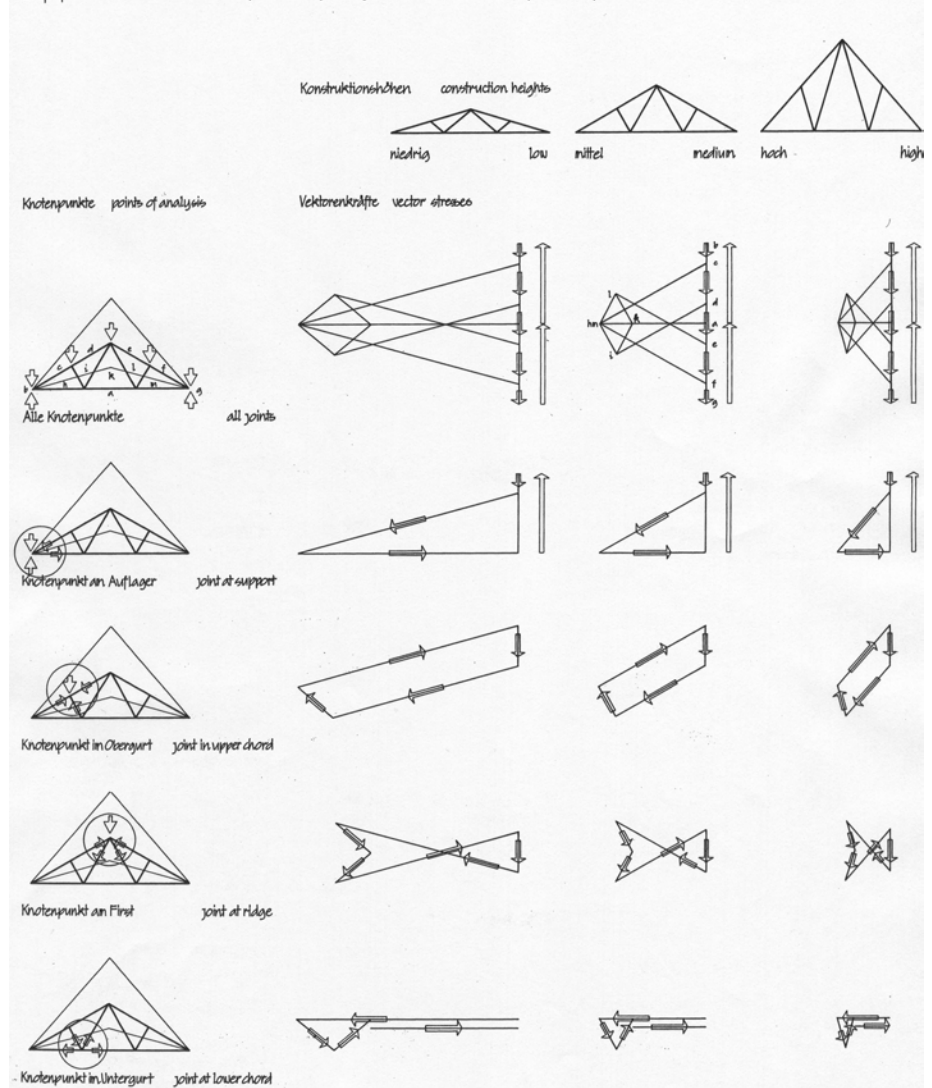


Abb. 5.2: Einfluss der Konstruktionshöhe auf Belastung der Gitterstäbe

Kommentar

Dieser Lösungsansatz zeigt deutlich, dass Engel die Vermittlungsmethode als Hauptursache für mangelhafte Tragwerksentwürfe ansieht. Durch seinen bildlichen Ansatz versucht er demnach, die Tragwerkslehre der üblichen Denk- und Arbeitsweise von Architekten näher zu bringen und so das Problem der Vermittlungsmethode für Architekten zu überwinden. Wenn allerdings – wie bei den so genannten Ingenieurbauten häufig der Fall –, der Bauingenieur den Großteil der Planung übernimmt, hilft auch die beste Tragwerkslehre für Architekten nichts! Außerdem lässt sich kritisieren, dass Engel die Trennung der zwei Disziplinen grundsätzlich aufrechterhält und nur versucht, den Bereich des Tragwerksentwurfs, der sich als von zunehmender Bedeutung

entpuppt hat, wieder in den Zuständigkeitsbereich des Architekten zurückzuführen.

5.1.2 Integrative Ausbildung: „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ der Universität Stuttgart

Vorstellung des Instituts

Bereits seit 1908 ist es Tradition bei der „Stuttgarter Schule“, dass ein Architekt bei den Bauingenieuren lehrt.¹¹⁵ In den 1970er Jahren wurde das „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ (IEK) ins Leben gerufen, das eine mögliche Integrationsform von Architekten und Bauingenieuren in der Ausbildung repräsentiert.¹¹⁶ Das Institut bietet gemeinsame Lehrveranstaltungen und ist seit 1990 Vollmitglied in beiden Fakultäten.¹¹⁷ Damit stellt es ein Bindeglied zwischen dem Architektur- und dem Bauingenieur-Studium dar.

Schon die Bezeichnung des Instituts als „Institut für Entwerfen und Konstruieren“ drückt die Zusammengehörigkeit beider Tätigkeiten aus. Kurt Ackermann, der von 1974 bis 1990 das Institut leitete und als treibende Kraft galt, betont dies auch im folgenden Zitat:

Problemwahrnehmung

„Entwerfen und Konstruieren sind keine unabhängigen Tätigkeiten. Sie bedingen sich gegenseitig und müssen unter ganzheitlichen Gesichtspunkten betrachtet werden. Das wird immer dort deutlich sichtbar, wo der Architekt für seine Aufgaben das Wissen der Ingenieure braucht und die Konstrukteure von Ingenieurbauten der gestalterischen Beratung des Architekten bedürfen.“¹¹⁸

Lösungsansatz

Das Lehrkonzept des IEK stützt sich auf drei Grundpfeiler: erstens die Analyse von realisierten Bauwerken, zweitens die Synthese, also das Entwerfen und Zusammenfügen von Tragwerken, sowie drittens den Modellbau.¹¹⁹

Ausformuliert sieht das Konzept folgendermaßen aus:

„Inhalt und Organisation der Lehrveranstaltungen vom ersten bis achten Semester wurden vor allem nach didaktischen Gesichtspunkten gegliedert; es wurden gemeinsame Entwürfe und Diplomarbeiten für Ingenieure und Architekten eingeführt. Neu hinzukommen sollten die Fächer ‚Zeichnen und Skizzieren für Bauingenieure‘, ‚Geschichte der Bauingenieurkunst‘ und ‚Ingenieurbauwerke in der Landschaft‘.“¹²⁰

Die gemeinsamen Lehrinhalte führt die folgende Zusammenstellung auf (Abb. 5.3), während die danach abgebildeten Fotos exemplarisch Ergebnisse gemeinsamer Übungen von Bauingenieur- und Architekturstudenten am IEK zeigen (Abb. 5.4).

Bauingenieurwesen	Architektur
Grundstudium	
Tragwerkslehre WS + SS Vorlesungen 6 Stegreife	Technische Zeichnen Darstellende Geometrie WS + SS Vorlesungen 8 Entwurfsaufgaben
Projektarbeit Institutsreferate, Gastreferate, Studentenreferate, Entwurfsübungen	
Planung und Konstruktion Im Hochbau WS + SS Vorlesungen 6 Stegreife	Ingenieurbauten, Entwicklungslinien und Tendenzen Silberne Reihe von 1975 bis 1987 Vortragsreihe Geschichte des Bauingenieurwesens Vortragsreihe ab 1988
Hauptstudium	
Entwerfen 1./2. Entwurf	
Grundfach Seminar Nutzung und Konstruktion SS Entwerfen und Konstruieren I Vorlesungen – 3 Übungen – TA – GA – Exkursion	Gebäuderundliches Seminar Nutzung und Konstruktion SS Vorlesungen – 3 Übungen – Exkursion
Vertiefung Entwerfen und Konstruieren II	Seminar Konstruktion und Form WS Gemeinsame Veranstaltung für Architektur- und Bauingenieurstudenten Vorlesungen, Studentenreferate, Gastreferate, 3 Gemeinsame Übungen
Vertiefung Entwerfen und Konstruieren II	Entwerfen 3./4. Entwurf Konstruktion und Form SS Gemeinsame Bearbeitung einer Entwurfsaufgabe von Architektur und Bauingenieurstudenten oder Einzelarbeit, Exkursion
Diplomarbeit	Diplomarbeit Gemeinsame Objektbearbeitung oder Einzelarbeit möglich

Abb. 5.3: Lehrinhalte des Instituts für Entwerfen und Konstruieren Quelle: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Architekt – Ingenieur; S. 31.

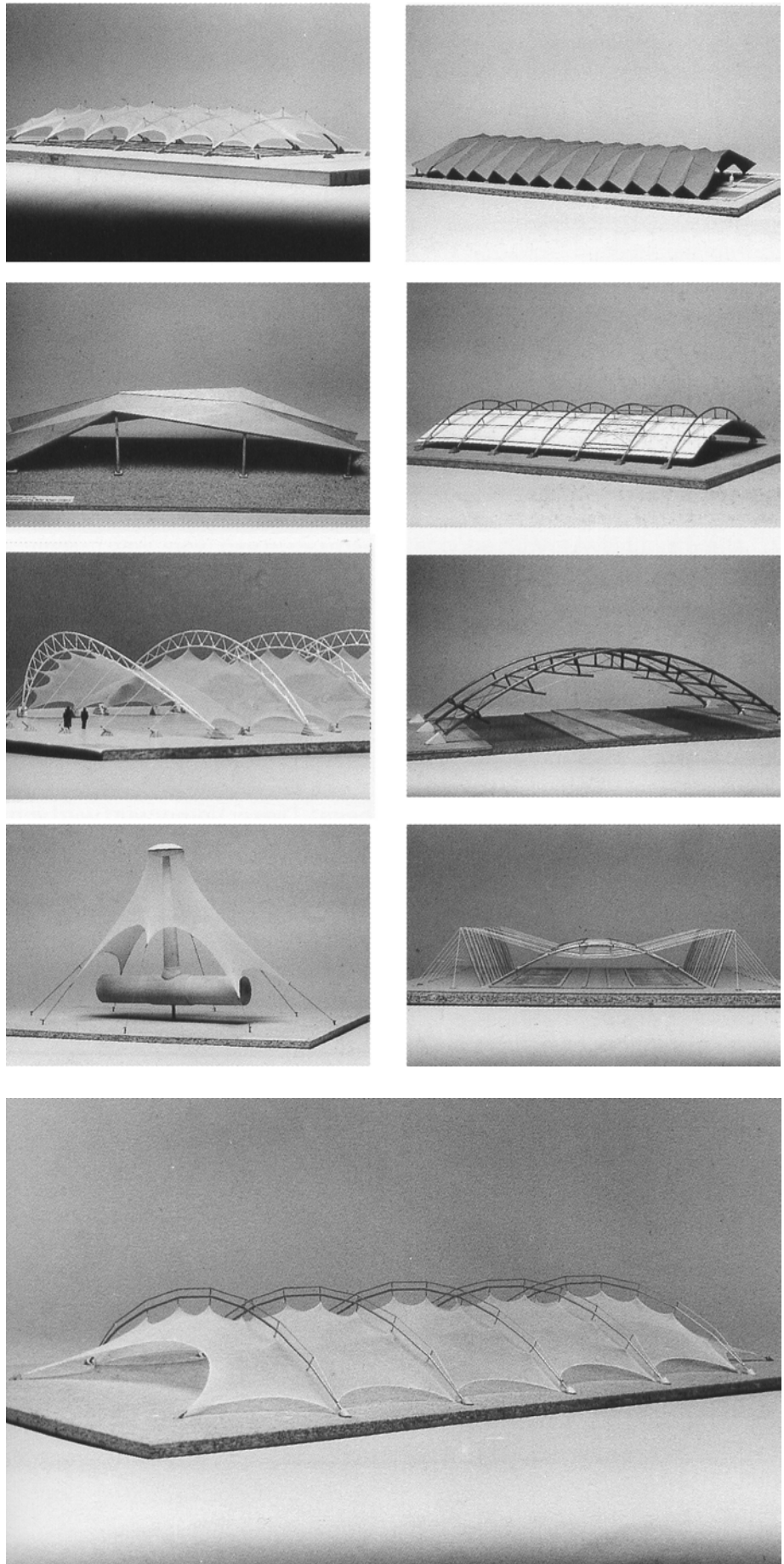


Abb. 5.4: Ergebnisse gemeinsamer Übungen von Bauingenieur- und Architekturstudenten am IEK

Kommentar

Im Gegensatz zu Engels Vorgehensweise versucht dieser Ansatz, eine „Integrationsform“ zu schaffen, die die gegenseitige Beeinflussung von Tragkonstruktion und Architektur aufgreift bzw. zum Thema macht. Gerade Brückenbauten, weitgespannte Dachkonstruktionen, Türme oder Hochhäuser, bei denen das Tragwerk die Gestalt wesentlich beeinflusst, bedingen eine grundsätzliche Auseinandersetzung seitens der Architekten wie der Bauingenieure.¹²¹ Nur so lässt sich das Dilemma der fehlenden Kommunikation lösen, nach Meinung des Verfassers müssen die Lehrinhalte zu diesem Zweck jedoch noch weiterentwickelt werden.

5.1.3 Monokausale Betrachtungsweise: „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung“

Entstehung

Die interdisziplinäre Forschungsarbeit entstand in den Jahren 1991 bis 1997 unter Beteiligung von vier Instituten der Universität Stuttgart sowie der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste. Hauptinitiator war der Bauingenieur Jörg Schlaich, der besonders auf Brückenbau spezialisiert ist und auf diesem Gebiet eine herausragende Reputation genießt.

Problemwahrnehmung

Die Ausgangssituation wurde von den Forschungsteilnehmern in einer deutlich negativen Diskrepanz ausgemacht: „Zwischen dem rasanten wissenschaftlichen Fortschritt, ja selbst zwischen dem technisch problemlos Machbaren einerseits und der Qualität der gebauten Produkte andererseits klaffen (...) riesengroße Abgründe.“¹²²

Als Verursacher hierfür wurde in erster Linie der Bauingenieur gesehen, wie die deutliche Kritik der Forschergruppe im folgenden Zitat zeigt:

„(...) der mit Bauaufgaben betraute Bauingenieur muss sich - wenn denn gebaut werden muss – der gestalterischen Aspekte seines Handelns viel bewusster werden und sie verantwortungsvoll wahrnehmen. Tut er dies nicht, missachtet er die Kreativität und leugnet damit die schönste Seite seines Berufs. Er degradiert sich selbst zum Technokraten, wenn sich seine Tätigkeit in der Systematik von Anschlussdetails im Stahlbau, der Rissbreitenbestimmung im Betonbau, noch besseren Stahlverbindungen im Holzbau, der Ausbildung einer Konstruktion nur nach den Richtlinien der ausreichenden Sicherheit erschöpft, bzw. er sich pedantisch dem herrschenden System der Marktwirtschaft unterwirft, dessen augenblickliche Kostenermittlung, basierend auf Angebot und Nachfrage, zwar Kosten verringert, aber nicht zwangsläufig zu einer ganzheitlichen, das Lebensgefühl der Menschen steigernden Qualität führt.“¹²³

Lösungsansatz

Das Bemühen der Forschungsarbeit lag folglich darin, die als phantasielos und unverantwortbar gegenüber Mensch und Natur empfundene¹²⁴, zunehmend mangelhafte Qualität von Ingenieurbauten genauer zu untersuchen. Dazu sollten

ganzheitliche Bewertungsansätze für Ingenieurbauten erarbeitet werden: „Um dieses Ziel zu erfüllen, war es notwendig, Bewertungskriterien mit bestimmten Eigenschaften aufzustellen.“¹²⁵

Am Beispiel des Bautyps Brücke – als Vertreter der Ingenieurbauten – wurde zunächst ein Fragenkatalog erstellt, der eine umfangreiche Themensammlung darstellte. Dieser „Fragenpool“¹²⁶ wurde hierarchisch geordnet, so dass sich auf der obersten Gliederungsebene fünf Hauptkriterien zur Beurteilung der Qualität einer Brücke ergaben. (Abb. 5.5 – 5.6)

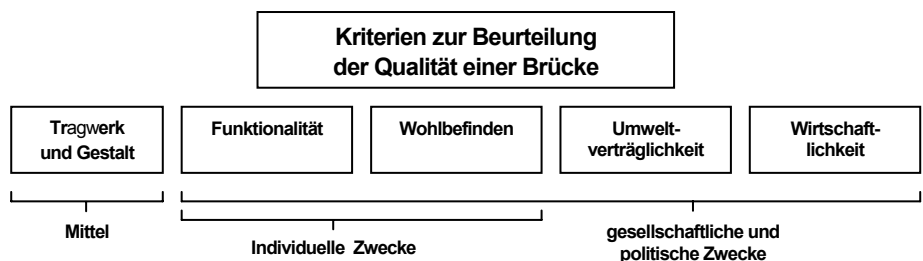


Abb. 5.5: Systematik des Fragenkatalogs

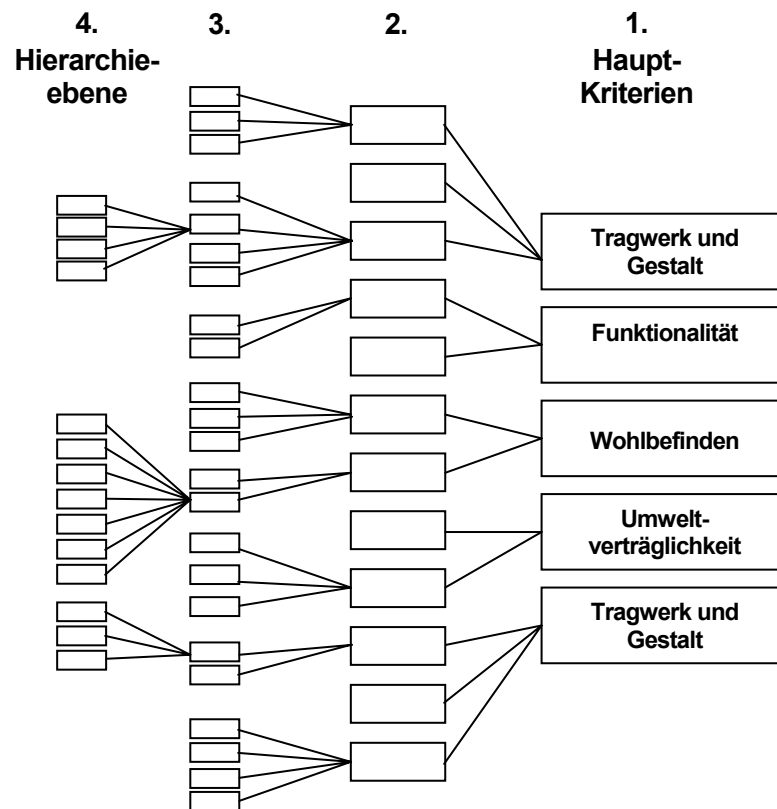


Abb. 5.6: Untergliederung der fünf Hauptkriterien (Quelle: Ausschnitt)

Diese Hauptkriterien waren jedoch vielfach untergliedert, wie die folgende Abbildung am Beispiel des Kriteriums „Tragwerk und Gestalt“ verdeutlicht. (Abb. 5.7)

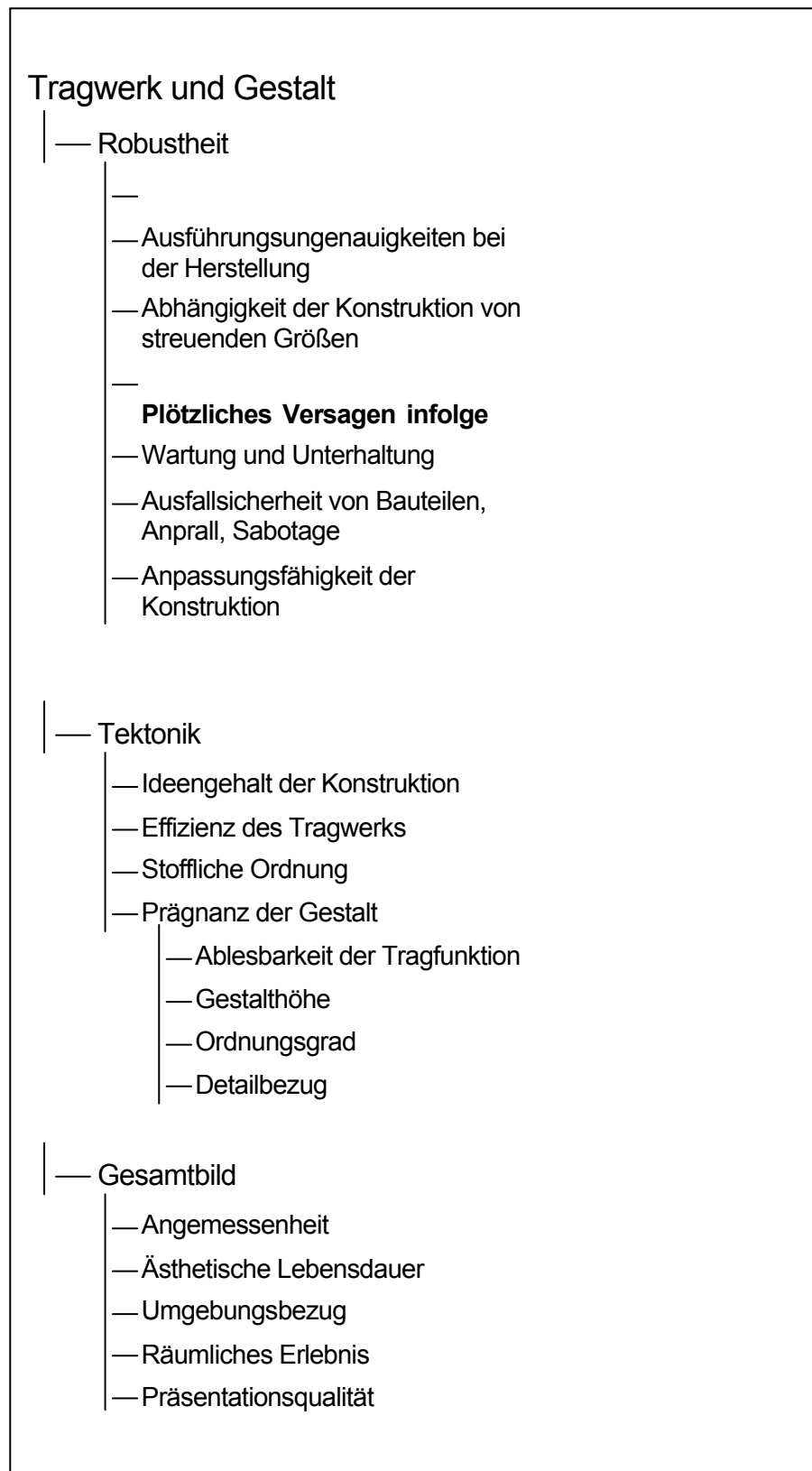


Abb. 5.7: Untergliederung des Kriteriums „Tragwerk und Gestalt“ Quelle: FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung (Band 3); S. 86.

Der nächste Schritt lag in einer Gewichtung der Kriterien, die sich bis in die untersten Gliederungspunkte erstreckte und eine zentrale Rolle für den gesamten Bewertungsprozess spielte. Um bei unserem Beispiel zu bleiben: beim Kriterium „Tragwerk und Gestalt“ wurde die Robustheit zu 20% gewichtet, die Tektonik und das Gesamtbild dagegen mit je 40%.¹²⁷ Diese Angaben beziehen sich auf den Wettbewerb um die Südbrücke Oberhavel.

Die Ergebnisse der Bewertung flossen in folgende Tabelle ein.

Bewertungskriterium	%	Einfluss der Gewichtung %	1	2	3
Tragwerk und Gestalt	30	30	3,7	4,2	4,7
Robustheit	20	6	4,7	7,3	6
Unerwartetes Baugrundverhalten					
Ausführungsungenauigkeiten bei der Herstellung	10	0,6	5	6	6
Abhängigkeit der Konstruktion von streuenden Größen	10	0,6	3	8	6
Plötzliches Versagen infolge versteckter Mängel	20	1,2	6	8	8
Wartung / Unterhaltung	10	0,6	4	8	2
Ausfallsicherheit von Bauteilen...	25	1,5	5	9	7
Anpassungsfähigkeit der Konstruktion	25	1,5	4	5	5
Tektonik	40	12	4,4	4,6	6,3
Ideengehalt	30	3,6	5	2	6
Effizienz des Tragwerks	10	1,2	6	3	6
Stoffliche Ordnung	20	2,4	4	7	7

Prägnanz der Gestalt	40	4,8	3,8	5,8	6,2
Ablesbarkeit der Tragfunktion	40	1,92	5	7	5
Gestalthöhe	60	2,88	3	5	7
Ordnungsgrad					
Detailbezug					
Gesamtbild	40	12	4,1	4,6	5
Angemessenheit	45	5,4	5	3	7
Ästhetische Lebensdauer					
Umgebungsbezug	45	5,4	3	6	3
Räumliches Erlebnis					
Präsentationsqualität	10	1,2	5	5	5

Abb. 5.8: Bewertungstabelle für das Kriterium „Tragwerk und Gestalt“ der Entwurfsvarianten des Wettbewerbs „Südbrücke Oberhavel, Berlin“ Quelle: FOGIB

Eine entsprechende Bewertungstabelle wurde auch für die anderen vier Hauptkriterien erstellt und später in einer weiteren Tabelle als Endergebnis zusammengefasst. **128**

Bewertungskriterien	%	Einfluss der Gewichtung %	1	2	3
Qualität der Brücke			4,9	5,4	5,6
Tragwerk und Gestalt	30	30,0	3,7	4,2	4,7
Funktionalität	30	30,0	6,0	5,3	6,6
Wohlbefinden	20	20,0	6,5	7,1	6,4
Umweltverträglichkeit	10	10,0	3,9	5,7	5,7
Wirtschaftlichkeit	10	10,0	3,1	5,3	3,7

Abb. 5.8: Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse Quelle: FOGIB, Band 3, S. 53.

Auf diese Weise wurde versucht, die Vielfalt der zu berücksichtigenden Entwurfskriterien sichtbar zu machen, um sie in eine Entscheidung aufnehmen zu können. Die Forschungsarbeit stellt folglich ein mögliches Beispiel für die Überwindung der monokausalen Herangehensweise des Bauingenieurs dar. Jedoch besteht die Gefahr der Überforderung, da der Bauingenieur eine Reihe an Entwurfskriterien berücksichtigen soll, mit denen er während seiner Ausbildung nicht vertraut gemacht wurde. Analog zur Kritik an Engels Ansatz, der sich vor allem an Architekten wandte, richtet sich die Forschungsarbeit von FOGIB zudem eher an Bauingenieure, wie die Beschränkung auf Ingenieurbauten im Titel vermuten lässt. Mit diesem Begriff, der nicht einmal klar definiert wird, wird aber die Trennung der Disziplinen weiter verankert.

5.2 Diskussion der aufgestellten These

Die dargestellten Arbeiten der drei Richtungen sind sich darüber einig, dass die Qualität von Tragkonstruktionen häufig zu wünschen übrig lässt. Uneinig sind sie jedoch über die Ursachen, die primär dafür verantwortlich zu machen sind.

Als Ausgangspunkt für die Ursachendiskussion will die vorliegende Arbeit nun auf einzelne Fragestellungen genauer eingehen: Warum fehlt in manchen Fällen ein Beitrag der Tragkonstruktion zur Nutzung, Konstruktion und Gestalt eines Bauwerks? Und warum tritt diese Erscheinung besonders bei bestimmten Bautypen wie z. B. Brücken oder Hallen (den sog. Ingenieurbauten) auf? Konkreter: Warum differieren bei diesen Bauten Soll- und Ist-Zustand in so gravierendem Maße?

Wie bereits zu Beginn der Arbeit erläutert, liegt nach Meinung des Verfassers die Antwort auf diese Fragestellungen im Teufelskreis von trennender Denkweise und herrschendem Ausbildungssystem im Bereich der Tragkonstruktionslehre begründet. (Abb. 5.?) Diese Denkweise zeichnet sich je nach Disziplin durch unterschiedliche Betrachtungs- bzw. Vorgehensarten beim Entwerfen von Tragkonstruktionen aus. Daraus resultiert schließlich eine Aufgabenverteilung, die die Realität des Entwurfsprozesses

verkennt, denn ein optimaler Entwurf stützt sich auf untrennbare Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion und Architektur eines Bauwerks.

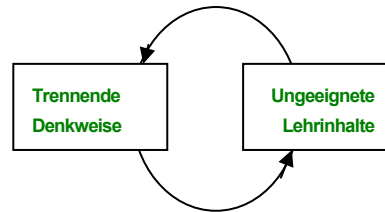


Abb. 5.9: Teufelskreis von Lehre und Denkweise als Hauptursache für viele bauliche Mängel

Bezüglich des Ausbildungssystems lassen sich an den heutigen Universitäten zwei Modelle unterscheiden:

Trennende vs. integrative Modelle

Modelle ohne Integrationsform fördern die absolute Trennung von Architektur- und Bauingenieurstudium und bieten keine gemeinsamen Lehrveranstaltungen an, während Modelle mit einem integrativen Anspruch als Bindeglied zwischen Studenten der Architektur und des Bauingenieurwesens fungieren und sich durch das Angebot gemeinsamer Lehrveranstaltungen auszeichnen. (Abb. 5.10)

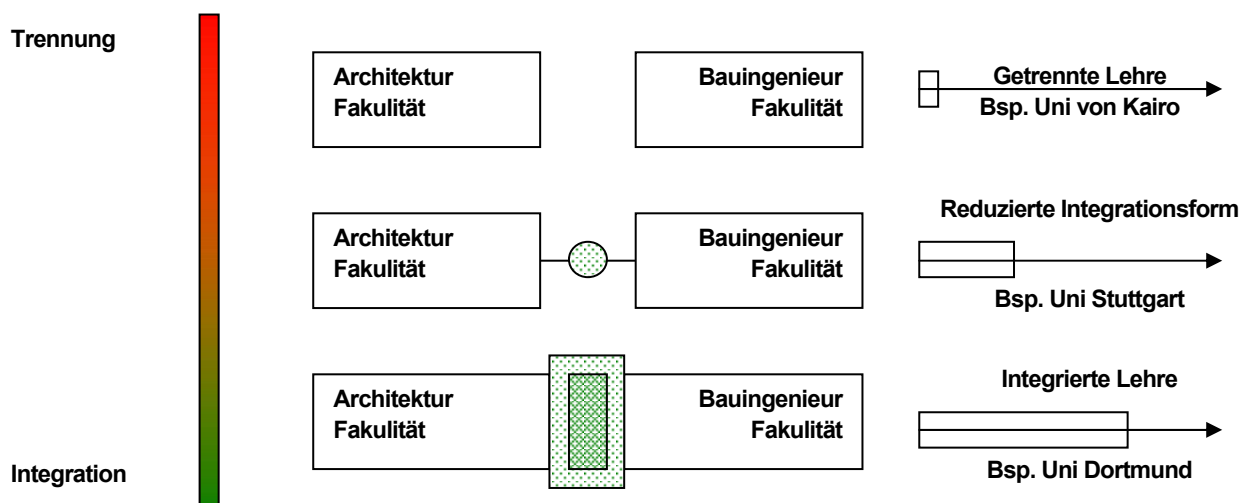


Abb. 5.10: Unterschiedliche Ausbildungsmodelle

Was aber sind konkret die Defizite der herrschenden Ausbildungssysteme? Ein Blick auf die Lehrinhalte für künftige Bauingenieure zeigt deutlich, dass das Thema Tragkonstruktion im Bauingenieursstudium isoliert und nicht im architektonischen Kontext erfasst wird. Gleichzeitig beschränkt man sich im Bereich Architektur auf eine eng gefasste und praxisferne Lehre mathematischer Theorien, die ohne jede Anwendungsorientierung an der beruflichen Wirklichkeit vorbeizieht.

Beispiel Ägypten

Beziehen wir uns nun beispielhaft auf das ägyptische Ausbildungssystem und auf Bauten in und um die ägyptische Hauptstadt. Diese Wahl lässt sich wie folgt begründen:

Erstens findet sich in Ägypten eine absolute Trennung der Disziplinen innerhalb des Ausbildungssystems. Das moderne Stadtbild ist eindrucksvoller Zeuge dieser strikt trennenden Denkweise.

Zweitens nimmt Ägypten eine unbestrittene und kulturell gefestigte Vorbildfunktion für die arabische Welt ein. In diesem Kontext verwundert es nicht, wenn ägyptische Lehrkräfte als anerkannte Wissensressource für die gesamte arabische Welt gelten.

Drittens zählt Ägypten zu denjenigen Entwicklungsländern, die bisher noch eine intensive Auseinandersetzung mit dem Problem vermissen lassen.

5.2.1 Beispiele fehlenden Einklangs

Da Brücken als sog. Ingenieurbauten – allein der Begriff reproduziert die unheilvolle Trennung bereits – unmittelbar von diesem Teufelskreis betroffen sind, widmen sich die folgenden Abbildungen ausschließlich diesem Bautyp. Die verwendeten Fotos wurden vom Verfasser selbst aufgenommen und stellen verschiedene Abschnitte der „Brücke des 6. Oktober“ dar, die sich kilometerlang durch das Zentrum der ägyptischen Hauptstadt zieht.

Das untere Foto zeigt den großen Ramses-Platz vor dem Hauptbahnhof Kairos. Er stellt einen der befahrensten Plätze der 16-Millionen-Einwohner-Stadt dar. (Abb. 5.11)



Abb. 5.11: Ramses-Platz vor dem Hauptbahnhof Kairos Quelle: eigenes Foto

Deutlich dominieren die „Brücke des 6. Oktober“ und ihre sich über die gesamte Fläche erstreckenden Ausläufer den Platz. Seitens der Bauingenieure wurde die mögliche Bedeutung des Ramses-Platzes - ein Symbol oder ein Postkartenmotiv Kairos zu sein - nicht erkannt bzw. beim Entwurfsprozess vollkommen außer acht gelassen. Obwohl der erste Blick des Besuchers auf diesen Platz fällt und damit auch der erste Eindruck der Stadt entsteht, zeigt sich der Platz durch die Beschränkung auf die Tragfunktion der Brücke baulich verstellt und verschandelt. Nicht einmal ein Mindestbeitrag zur Harmonie und Klarheit des Platzes wurde geleistet. Ganz zu schweigen von Lärm- und Schadstoffbelästigungen, denen tagtäglich Millionen von Menschen ausgeliefert sind. Ähnliches lässt sich auch bei der folgenden Aufnahme feststellen



Abb. 5.12: „Brücke des 6. Oktober“ in der Stadtmitte von Kairo Quelle: eigenes Foto

Kaum einer Erläuterung bedarf wohl die Tatsache, dass das Stadtbild der ägyptischen Hauptstadt stark von dieser Brücke abgewertet, ja sogar beschädigt wird. Als eine der Hauptschlagadern des Kairoer Straßenverkehrs gilt sie jedoch bei Bauingenieuren als prominentes Beispiel für den Brückenbau. Dabei ist nicht zu erkennen, dass die „Brücke des 6. Oktober“ außer den Mindestanforderungen an die Nutzung noch weitere Entwurfskriterien (wie z. B. Umweltverträglichkeit, Anpassung an bestehenden Kontext etc.) berücksichtigt. Auch das Wohlbefinden¹²⁹ der Bewohner des Hauses unter der Brücke dürfte sich in Grenzen halten.

Anhand des in Kapitel 3 entwickelten Instrumentariums lassen sich diese Mängel deutlich darstellen. (Auf die vollständige Eintragung des Soll- und Ist-Zustandes wird hier verzichtet, da es vor allem um die Hervorhebung der offensichtlichen Missstände geht.)

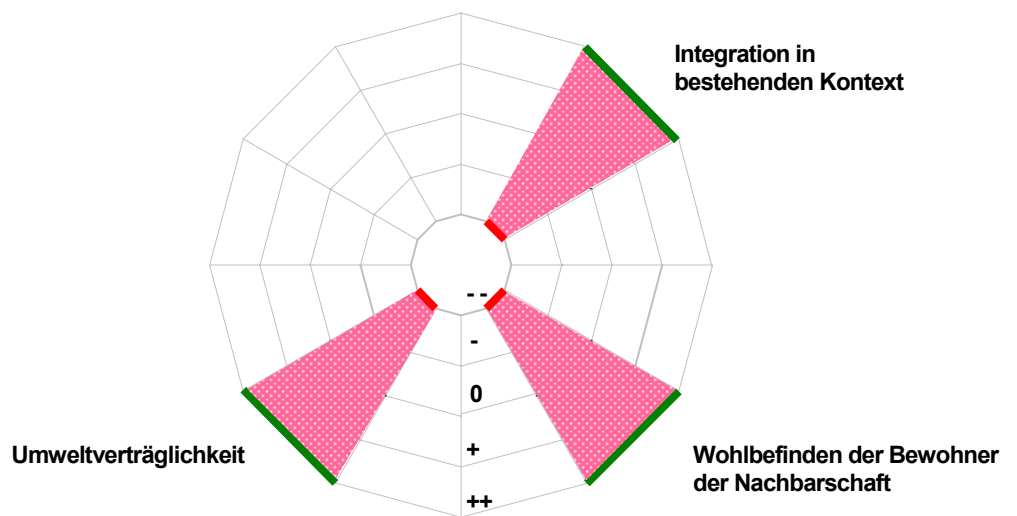


Abb. 5.13: Große Differenzen zwischen Soll- und Ist-Zustand

Als Beleg für die Häufigkeit solcher Bauten soll hier noch ein zusätzliches Beispiel angeführt werden. Auf dem unteren Bild ist eine weitere Brücke im Zentrum Kairo zu sehen, die mitten durch die Altstadt führt. (Abb. 5.14) Das betroffene Khan El Khalili-Viertel stellt(e) mit seinen Basaren und traditionellen Handwerksbetrieben ein kulturelles Erbe sowie eine touristische Attraktion dar.



Abb. 5.14: Khan El Khalili-Viertel Quelle: eigenes Foto

Es ist offensichtlich, dass sowohl die Altstadtbewohner als auch die Gebäude selbst aufgrund des Brückenverlaufs unter enormer Umweltbelastung leiden. Hohe Schadstoffwerte und Lärm-belästigung gehören zum täglichen Leben. Hinzu kommt, dass das Geschäftsviertel, das früher zu den teuersten Gegenden der Stadt gehörte und einige Läden der besten Adresse aufwies, mittlerweile von einem deutlichen Geschäftssterben betroffen ist. Weder menschliche Bedürfnisse noch mögliche Auswirkungen des Brückenbaus auf die Umgebung wurden also bei der Planung berücksichtigt, denn damals standen hauptsächlich wirtschaftliche Überlegungen im Vordergrund. Hier sollte aber erwähnt werden, dass vor kurzem mit dem Abriss der Brücke begonnen wurde, da die Stadt die Bausünde erkannt und sich in der Zwischenzeit für den Bau eines Tunnels entschieden hat! Die begrenzte wirtschaftliche

Sicht – die seitens der Lehre nach wie vor täglich vermittelt wird – hat sich folglich als zu kurzfristig erwiesen.

Ursache

Betrachtet man die Lehrinhalte des Faches „Brückenbau“ an zwei der führenden Universitäten von Ägypten (Universität von Kairo, Ain Shams-Universität), bleiben diese entsprechend jeden Hinweis auf die notwendige Synthese von Nutzung, Konstruktion und Gestalt schuldig. Auch die Randbedingungen von Bauwerken werden im Rahmen des Bauingenieurstudiums offensichtlich vernachlässigt bzw. ausgeklammert. Folglich zeigen die oben abgebildeten Brücken nur die konsequente Umsetzung des Lehrinhalts.

Der Einwand, dass die Kritik an den gewählten Bauwerken eher die planerische Ebene berührt als den Entwurf der Tragkonstruktion, ist durchaus berechtigt. Nimmt man jedoch die Perspektive des künftigen Nutzers und Bewohners des zu gestaltenden Lebensraumes ein, so hat für ihn lediglich die Erscheinung bzw. der Anblick des Bauwerks sowie sein praktischer Nutzen eine Bedeutung. Dieser Mehrdimensionalität eines Bauwerks muss sich der Projektverantwortliche – ob Architekt oder Bauingenieur – bewusst sein und entsprechend verantwortlich handeln.

5.2.2 Zusammenhang von Lehre, Denkweise und Bauresultat

Um den verhängnisvollen Zusammenhang von Lehre, Denkweise und Bauresultat stärker zu verdeutlichen, werden in diesem Kapitel exemplarisch zwei Beispiele angeführt:

Das untere Foto zeigt einen Ausschnitt aus der schon bekannten „Brücke des 6. Oktober“. (Abb. 5.15) Hier sollte eine Verbindung für zwei Ausläufer der Brücke entwickelt werden. Der Bauingenieur griff dabei auf ein „Tragkonstruktionsmuster“ zurück, das ihm aus den typischen Übungsaufgaben während des Studiums vertraut ist, da es in fast jedem Baustatik-Buch zu finden ist. Ein Beispiel für solche Lehrbücher ist das an der Kairoer Universität benutzte „Theory of Structures“, aus dem auch die abgebildete Übung entnommen wurde. Das deutsche Pendant „Praktische Baustatik Teil 3“ trägt das Konstruktionsmuster sogar auf dem Titelblatt.

Ohne den Stahlrahmen grundsätzlich in Frage stellen zu wollen, zeigt das Beispiel der „Brücke des 6. Oktober“, dass die hier gewählte Lösung nicht optimal ist. Vielmehr drückt sie die Vorgehensweise vieler Bauingenieure aus, die beim Entwerfen erlernte statische Modelle eins zu eins umsetzen, ohne sich mit der Realität der viel umfassenderen Bauaufgabe auseinanderzusetzen. Stattdessen stehen abstrakte theoretische Systeme und die Suche nach möglichen Berechnungsmethoden im Vordergrund. So kritisiert auch Polónyi, dass die „vermeintlich wissenschaftliche Lehre zur Folge [hat], dass wir unsere Konstruktionen nach der Statik trimmen, anstatt die Statik der sinnvollen Konstruktion anzupassen.“¹³⁰

Bei einer derartigen wissenschaftlichen Herangehensweise ist die schlichte Nicht-Beachtung menschlicher Bedürfnisse, die sowohl ästhetischer als auch sozialer Natur sind, mehr als augenfällig. In diesem Sinne wünschen auch die FOGIB-Forscher, dass der Bauingenieur erkennen möge, „dass er für Menschen arbeitet“ und nicht in einem „luftleeren Raum“.¹³¹

Example :

Find the B.M.D for the shown symmetrical frame by using the slope deflection method.

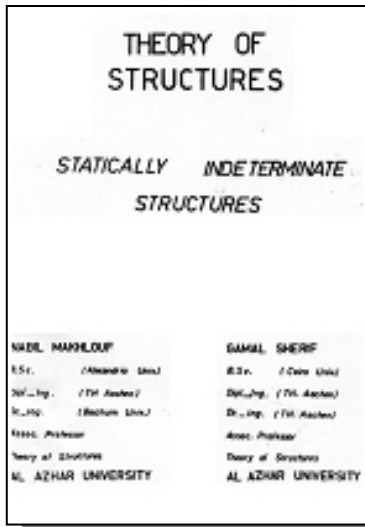
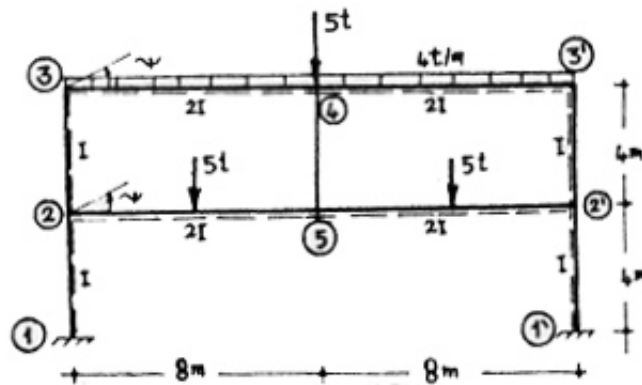
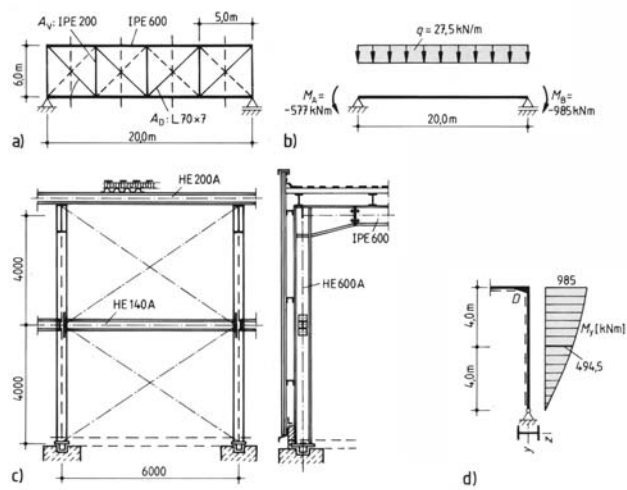
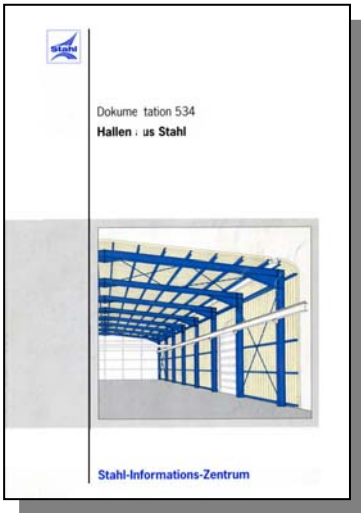


Abb. 5.15: Der Zusammenhang zwischen Lehrbüchern, Übungsaufgaben und Bauresultat am Beispiel eines Ausschnitts der „Brücke des 6. Oktober“ in Kairo, Ägypten.

Dieses „Musterbeispiel“ offenbart das in der Lehre vermittelte 2D-Denken der Bauingenieure, die „nur Achsen [haben], keine Querschnitte“. ¹³² Natürlich ist auch der Architekt am Anfang in dieser räumlichen Vorstellungsperspektive gefangen, kann diese aber durch Modellbau und Computergestützte Visualisierung überwinden.

Das zweite Beispiel nimmt einen Vergleich zwischen zwei Hallen vor, die, obwohl sie auf verschiedenen Kontinenten stehen, frappierende Ähnlichkeiten aufweisen. Die exemplarische Kairoer Halle und der deutsche Hallenbau aus Kaltenkirchen zeigen - trotz unterschiedlicher klimatischer, technischer und wirtschaftlicher Verhältnisse - kaum einen Unterschied in ihrer Tragkonstruktion. (Abb. 5.16) D.h. dass der jeweilige Tragkonstruktionsentwurf nicht im geringsten auf die unterschiedlichen Randbedingungen reagiert. Vielmehr hat der Bauingenieur seinen Entscheidungsspielraum auf die üblichen, typisierten Konstruktionen eingeengt und sein Lehrbuchwissen eins zu eins umgesetzt, anstatt eine überzeugende Lösung für die spezifische Situation in Kairo bzw. in Kaltenkirchen zu entwickeln. So oder ähnlich sieht jedoch ein großer Teil aller Industriehallen aus. Das Beispiel zeigt somit den herrschenden Hallenbau und drückt eine erschreckende Variantenarmut aus, deren Dimension sich weltweit erstreckt. Dabei ist die zementierte Denkweise vieler Bauingenieure direkt mit dem fehlenden konzeptionellen Vermögen verbunden, neue Konstruktionsweisen jenseits typisierter Modelle zu entwickeln. Diese Fähigkeit wird im Rahmen des Studiums jedoch nicht vermittelt, so dass den Bauingenieuren nur bedingt ein Vorwurf gemacht werden kann. Den Architekten wiederum kann angelastet werden, dass sie sich in der Mehrzahl aus der Planung von „ingenieurlastigen“ Bautypen wie Industriehallen, Brücken etc. größtenteils zurückgezogen haben.



6.13 Weitere Angaben zum Stabilitätsnachweis des Hallenrahmens
 a) Dachverband b) Rahmenriegel und Beanspruchung c) Wandverband d) Biegemomente im Rahmenriegel



Abb. 5.16: Zwei Industriehallen im Vergleich: Zusammenhang zwischen Lehre und Bauresultat auch bei unterschiedlichen Randbedingungen

Die folgenden Fotos einer Parkplatzüberdachung im Umkreis von Kairo zeigen, dass, was im Großen gilt, auch im Kleinen zu entdecken ist. (Abb. 5.17) Die Stahlkonstruktion folgt erneut den bekannten Schaubildern aus dem Grundstudium des Stahlbaus. Vermutlich weil das I-Profil im Lehrplan an erster Stelle steht, hat der Erbauer hier eine umständliche I-Stütze entwickelt statt auf die einfache und viel sinnvollere Idee zu kommen, ein Rohr zu verwenden. Der Einwand, dass dies aus wirtschaftlichen Gründen geschehen sei, ist hier nicht haltbar, denn ein Rohr-Profil kostet in etwa das Gleiche wie ein I-Profil. Auch der Aufwand steht nicht im Verhältnis und der Träger weist deutliche Mängel auf. So kann das Regenwasser nicht abfließen, was bereits zu deutlich sichtbaren Rostflecken an gefährlichen Stellen geführt hat. (Abb. 5.19) Von Qualität in den Details kann hier also keine Rede sein.

Abb. 5.17: Ansicht der Parkplatzüberdachung



Abb. 5.18: Der Stützenfuß zeigt die undurchdachte Umsetzung statischer Vorgaben auch im Detail

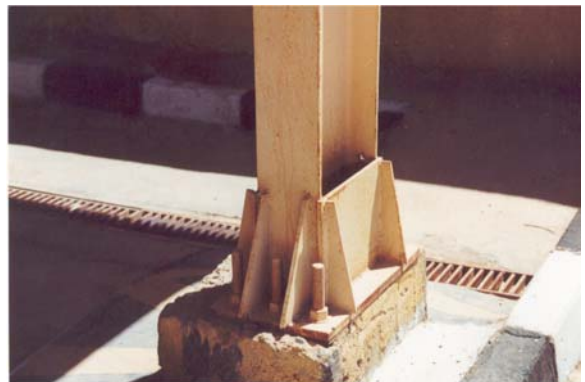
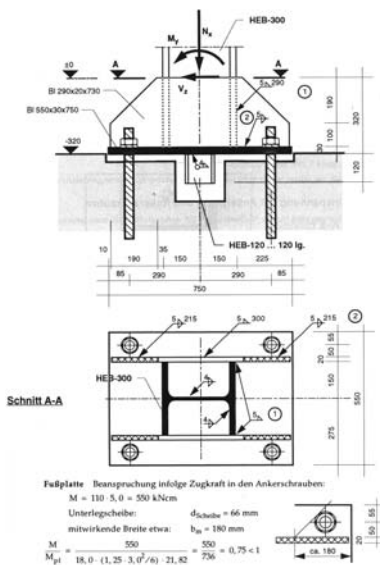


Abb. 5.19: Der Stützenfuß als „Wassersammelstelle“



Solche Bauresultate, wie auf den Fotos gesehen, sind mitverantwortlich dafür, dass die sog. Ingenieurbauten meist mit negativen Assoziationen verbunden sind und der Bauingenieur nach Frei Otto in der Öffentlichkeit gar als „Umweltzerstörer“¹³³ gilt. Dem Verfasser geht es hier jedoch nicht um die einseitige Klärung einer „Schuldfrage“, sondern vielmehr um den Kern des beschriebenen Missstandes, der in der trennenden Denkweise liegt. Die ursächlichen Defizite liegen gleichermaßen bei beiden Disziplinen, und so ist die Frage nach dem Anteil der Architekten an diesem Konflikt genauso berechtigt, wie die nach dem der Bauingenieure.

Die faktische Nichtbeteiligung von Architekten an sog. Ingenieurbauten ist – schenkt man einer Kairoer Koryphäe im Bereich Architektur Glauben – durchaus gewollt¹³⁴. Ausgehend von der viel gelehrten Prämisse absoluter Trennung beider Disziplinen, wird auf diese Weise ein einseitiger und theoretischer Zugang zur Statik vermittelt, der den künftigen Architekten von Beginn an vom Entwurf sog. Ingenieurbauten ausschließt. In logischer Konsequenz dieser fatalen Annahme weist noch nicht einmal das architektonische Curriculum der zwei renommiertesten Kairoer Universitäten eine einzige Lehraufgabe zum Brückenbau auf.

Die Kritik lässt sich somit auf den Punkt bringen: Der fehlende Einklang von Tragkonstruktion und Architektur ist auf die trennende Denkweise der betroffenen Disziplinen zurückzuführen und findet seinen Ursprung in den jeweiligen Lehrinhalten. Folglich lässt sich das Problem nicht auf eine der zwei Disziplinen und ebenso wenig auf bestimmte Länder beschränken. So zeigt z.B. der Bauingenieur Jörg Schlaich in seinem Aufsatz „Baukunst ist unteilbar“¹³⁵ eine ganze Reihe ähnlich misslungener Brückenbauten in Deutschland. Beziehen wir uns außerdem zurück auf die zu Beginn des fünften Kapitels dargestellten drei Erklärungsansätze, dann wird klar, dass nur der integrative Ansatz einen wirklichen Erklärungsrahmen bietet, da er sich an beide Disziplinen wendet. Daher schließt sich der Verfasser explizit den Befürwortern einer curricularen Integrationsform an, die schon während des Studiums die Bereiche Architektur und

Bauingenieurwesen miteinander verzahnt und integratives Denken fördert. Ohne eine grundsätzliche Änderung der bestehenden Ausbildungssysteme sowie die Überwindung der trennenden Denkweise sind ansonsten auch weiterhin Bauresultate wie auf den abgebildeten Fotos zu erwarten.

5.3 Schlussfolgerung

Wie die im vorigen Kapitel abgebildeten Beispiele gezeigt haben, stellt die Auseinandersetzung mit den jeweiligen Lehrkonzepten für Architekten und Bauingenieure - **gerade in Ländern mit einem trennenden Ausbildungssystem wie in Ägypten** - die wichtigste Voraussetzung zur Verbesserung von Bauresultaten dar, die bezüglich eines notwendigen Miteinanders von Tragkonstruktion und Architektur Mängel aufweisen. Zwar herrscht in Industrieländern wie z. B. Deutschland ein höheres Bewusstsein für diese Problematik - was sich an Modellen wie der „Stuttgarter Schule“ oder dem „Dortmunder Modell Bauwesen“ ablesen lässt -, dennoch gelten diese Integrationsformen nur als Ausnahmen, die sich noch lange nicht als Vorbild für eine grundlegende Umorganisation der Lehre durchgesetzt haben. Hinzu kommt, dass die Teilnahme an gemeinsamen Lehrveranstaltungen nicht immer zwingend ist und das Angebot folglich nur von einer begrenzten Zahl von Studenten in Anspruch genommen wird. Daher ist nach Meinung des Verfassers die Einführung eines gemeinsamen Studienfaches, das vom ersten Semester an von allen Architektur- und Bauingenieurstudenten besucht werden muss, dringend erforderlich. Als Grundlage für den Lehrinhalt dieses Faches bietet sich hier das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Instrumentarium an. Das neue Pflichtfach sollte auch auf der Ebene der Dozenten interdisziplinär gestaltet sein, also von Architekten und Bauingenieuren gemeinsam gelehrt werden.

Inhaltlich sollte das Lehrkonzept auf der Darstellung sämtlicher Wechselwirkungen zwischen Tragkonstruktion und Bauaufgabe beruhen. Der theoretische Teil könnte sich an den drei Säulen orientieren, die bereits in Kapitel zwei ausführlich erläutert wurden:

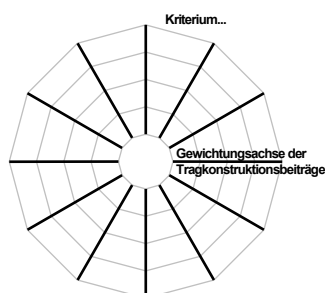
- Auseinandersetzung mit der Bedeutung von Tragkonstruktionen im Gebauten (Geschichte, Typologien, Systematik etc.)
- Darstellung von Entwurfskriterien und -konzepten verschiedener Bautypen sowie deren Einfluss auf Tragkonstruktionen und *vice versa*
- Ansätze zur Bewertung von Tragkonstruktionen

In einem praktischen Teil sollten die Studenten Entwürfe mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gemeinsam erarbeiten. Von zentraler Bedeutung ist es hierbei, konzeptionelles Denken und die Berücksichtigung alternativer Möglichkeiten zu stärken. Dazu müsste den Studenten beider Disziplinen die Vielzahl der Anforderungen an ein Tragwerk bewusst gemacht werden. Besonders bei den Bauingenieuren sollte die räumliche Vorstellungskraft gefördert werden. Bei den Architekten käme es dagegen auf die Entwicklung eines Gefühls für statische Zusammenhänge an, das durch eine Visualisierung des Tragverhaltens erreicht werden könnte. Auch Konstruieren und Gestalten mit verschiedenen Baumaterialien (wie Stahlbeton, Holz, Stahl, Membran etc.) gehörte selbstverständlich in den Lehrplan. Auf diese Weise würde die ganzheitliche Betrachtung von Bauaufgaben von Anbeginn der Ausbildung gefördert und gefordert werden. Dieses Curriculum wäre – um mit den Worten Polónyis zu sprechen – endlich die so dringend notwendige „Erziehung zum komplexen Denken“.

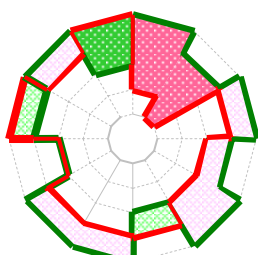
5.4 Ausblick

Instrumentarium

Um das Verhältnis von Tragkonstruktion und Architektur wissenschaftlich fassbar zu machen, hat die vorliegende Dissertation ein Modell zur Bewertung des „Einklangs von Tragkonstruktion mit der Nutzung, Konstruktion und Gestalt“ eines Bauwerks entwickelt (siehe Abbildungen). Dies kann jedoch nur der erste Schritt auf dem Weg zu einer intensiveren Beschäftigung mit diesem Thema sein. Sowohl von Seiten der Architekten, als auch von Seiten der Bauingenieure sollte verstärkt ein Augenmerk auf die Wechselwirkungen und gegenseitigen Einflüsse der zwei Disziplinen gerichtet werden. Das Instrumentarium kann hierbei helfen, bereits bestehende Gebäude hinsichtlich der Qualität ihres Tragkonstruktionsentwurfs zu analysieren und zu bewerten, es kann aber genauso bei Entscheidungen im Entwurfsprozess zu Rate gezogen werden. Darüber hinaus bietet das Instrumentarium die Möglichkeit, über Reihenuntersuchungen typische Probleme oder



Grundskizze zur Eintragung des Soll- und Ist-Zustandes



Fiktives Beispiel

gar Entwurfsschwächen bestimmter Bautypen festzustellen. Architekten wie Bauingenieure sind aber auch aufgefordert, weitere Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen und so zu einer Weiterentwicklung des Instrumentariums beizutragen. Die Arbeit soll somit in erster Linie ein Anstoß sein, sich der Komplexität des Bauens bzw. der Vielzahl der im Entwurfsprozess zu berücksichtigenden, aber oftmals widersprüchlichen Kriterien bewusst zu werden. Sie richtet sich besonders an Hochschullehrer, die mit ihren Seminaren, Vorlesungen und Übungen die Denk- und Arbeitsweise zukünftiger Generationen von Architekten und Bauingenieuren prägen.

Ausbildung

Um die Tragkonstruktion bei den herrschenden, trennenden Ausbildungsmodellen in den Gesamtkontext der Architektur einzubetten, muss nach Meinung des Verfassers ein eigenständiges Fach unverzichtbarer Bestandteil des Curriculums beider Disziplinen werden. Es geht dabei um die Etablierung gemeinsamer Lehrinhalte mit interdisziplinärem Charakter, die für Architekten wie Bauingenieure gleichermaßen gelten. Ein solches Fach könnte „Tragkonstruktion in der Architektur“ heißen und die unterschiedlichen methodischen Denk- und Herangehensweisen von Architekten und Bauingenieuren miteinander verbinden.

Auf diese Weise könnte sich eine gemeinsame Sprache von Architekten und Bauingenieuren entwickeln, die die erste Voraussetzung für die Schaffung eines umfassenderen Bewusstseins bildet. So würde der Architekt mit der optimierten Umsetzung statischer Regeln vertraut gemacht, während der Bauingenieur die Möglichkeit erhielte, den Einfluss seiner Entscheidung auf die Ausgestaltung eines Bauwerks zu erkennen. Diese Maßnahmen zielen in ihrer Gesamtheit letztlich auf die Vermittlung von Kenntnissen und Fähigkeiten für einen optimalen Tragwerksentwurf ab, der in harmonischem Einklang mit der Nutzung, Konstruktion und Gestalt eines Bauwerks steht.

Bei aller Träumerei bleibt jedoch klar, dass eine strukturelle Umorganisation der Lehre weder von einer Mehrzahl der Dozenten

gewünscht wird, noch angesichts der überall eingeleiteten Sparmaßnahmen personell oder finanziell umzusetzen wäre. Da es zudem an „alten“, traditionsreichen Universitäten schwierig sein dürfte, eine solche Umorientierung der Lehre vorzunehmen, stellt der sinnvolle Ausbau der bestehenden, integrativen Konzepte noch am ehesten eine Möglichkeit dar, Architekten und Bauingenieure gemeinsam in die Zusammenhänge von Tragkonstruktion und Architektur einzuführen. Leider hat sich die konventionelle Auffassung von der Trennung der Disziplinen als sehr resistent erwiesen. Dennoch gilt es, mancherorts überhaupt einen Anfang zu wagen und andernorts bestehende Strukturen mutig weiter aufzubrechen und neu zu gestalten.

Anmerkungen

- 1 Zum Einfluss sozialer, technischer und wirtschaftlicher Veränderungen auf die Architektur vgl. Joedicke: Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts; S. 132ff.
- 2 Vgl. Barthel: Form der Konstruktion - Konstruktion der Form; S. 15.
- 3 Im Laufe dieser Arbeit wird bewusst das Wort Tragkonstruktion an Stelle von Tragwerk verwendet. Nach Meinung des Verfassers ist dies im Kontext sinnvoller. Denn der Begriff Tragkonstruktion entspricht den unterschiedlichen Perspektiven der Nutzung, Konstruktion und Gestalt stärker als die Reduzierung auf die Tragfunktion durch den Begriff des Tragwerks.
- 4 Dank technischer und industrieller Errungenschaften konnten im Laufe des letzten Jahrhunderts neuartige Werkstoffe wie Stahl, Beton, Glas, beschichtete Textilgewebe, Kunststoffprodukte (GFB, GFK etc.) und deren Herstellungsmethoden entwickelt werden. Dem mittlerweile hohen Stand der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) sind neue bzw. präzisere Berechnungsmethoden zu verdanken, die die Konstruktion immer gewagterer Bauwerke zulassen. So entstehen wesentlich schlankere Skelettkonstruktionen mit größeren Spannweiten, dünne Schalentragwerke und leichte Membran- und Seiltragwerke, die eine bisher nicht gekannte Formenwelt für das Bauen erschließen.

Auch Wachsmann konstatiert, dass Wissenschaft und Technik zu neuen Anschauungen in allen Gebieten geführt haben. (Vgl. Wachsmann: Wendepunkt im Bauen; S. 10ff.)
- 5 Zum Beispiel Gebäude mit flexiblen Strukturen für Wohnen, Arbeiten und Freizeit, Laborgebäude mit einem hohen Maß an Installationen, Sporthallen mit besonderen Anforderungen etc..
- 6 Die Anforderungen reichen von Nutzungsaspekten (wie der Überbrückung großer Spannweiten) über zu berücksichtigende gestalterische Aspekte (wie der Verwendung von Tragkonstruktionen als Gestaltungselement) bis hin zu konstruktiven Ansprüchen (wie die Integration eines Tragwerkteils in die modulare Ordnung eines Bauwerks), die an das Bauwerk gestellt werden.
- 7 Dies liegt an vielfältigen Einflussfaktoren wie der Art der Bauaufgabe, der Bandbreite der Entwürfe, den verfügbaren Konstruktionsmöglichkeiten usw.
- 8 Vgl. Joedicke: Schalenbau. Konstruktion und Gestaltung; S. 10.
- 9 Basisbereiche sind die Bereiche von Nutzung, Konstruktion und Gestalt, die für alle Bauwerke gelten. Vgl. Hartmann: Entwerfen; S. 5.
- 10 Repson: Architekturlehrer für Tragkonstruktionen; S. 8.
- 11 Engel: Tragsysteme (1999); S. 16.
- 12 Vgl. ebd. S. 16f.
- 13 Salvadori: Tragwerk und Architektur; S. 10.
- 14 Ebd. S. 12.
- 15 Ebd. S. 10.
- 16 Kuff: Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung; S. 5.
- 17 Ebd.
- 18 Ebd. S.7.
- 19 Repson: Architekturlehrer für Tragkonstruktionen; S. 8.
- 20 Salvadori: Tragwerk und Architektur; S. 10.
- 21 Kuff: Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung; S. 5.
- 22 Salvadori: Tragwerk und Architektur; S. 10.
- 23 Vgl. Joedicke: Zwei Jahrzehnte Architekturlehre in Stuttgart; S. 12.

Siehe auch Institut für Grundlagen der modernen Architektur und Entwerfen (Hrsg.):
Beiträge zum Entwerfen; S. 10ff.

- 24** Joedicke: Zwei Jahrzehnte Architekturlehre in Stuttgart; S. 12.
- 25** Ackermann: An der Nahtstelle der Disziplinen; S. 7.
- 26** Adam: Bauen zwischen Technik, Kunst und Wissenschaft.
- 27** Joedicke: Schalenbau; S. 13.
- 28** Schlaich / Schüller: Ingenieurbauführer Baden-Württemberg; S. 10.
- 29** Ackermann: An der Nahtstelle der Disziplinen; S. 7.
- 30** Die an der FOGIB beteiligten Institute waren:
- Institut für Konstruktion und Entwurf II, Universität Stuttgart (Prof. Dr.-Ing. Drs. h. c. J. Schlaich / Dr.-Ing. K. Gabriel)
 - Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart (Prof. Dr.-Ing. H.-W. Reinhardt)
 - Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik, Universität Stuttgart (Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. mult. K. Gertis)
 - Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen, Universität Stuttgart (Prof. Dr.-Ing. B.-H. Kröplin)
 - Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (Prof. K. Lehmann / Prof. Dipl.-Ing. B. Rosewich)
- 31** FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Band 1; Klappentext / Einband.
- 32** In Abhängigkeit von vielen Faktoren wie der Art der Bauaufgabe, der Bandbreite der vorgeschlagenen Entwürfe und der zur Verfügung stehenden Konstruktions-Möglichkeiten etc.
- 33** Siehe Kapitel 2.3.1.
- 34** Inwieweit das Problem die Industrieländer betrifft, ist in der Forschungsarbeit von FOGIB nachzulesen: "Zwischen dem rasanten wissenschaftlichen Fortschritt, ja selbst zwischen dem technisch problemlos Machbaren einerseits und der Qualität der gebauten Produkte andererseits klaffen (...) riesengroße Abgründe. Die Qualität konnte trotz eines nie da gewesenen Wohlstandes und trotz eines zumindest in den letzten Jahren beobachtbaren, gestiegenen Qualitätsbewusstseins nicht folgen". (FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Band 1; S. 3.)
- 35** Polónyi: Die Ausbildung der Bauwerksplaner; S. XIII.
- 36** Hetzer: Erinnerungen an italienische Architektur; S. 117.
- 37** Engel: Tragsysteme (1999); S. 23.
- Engel beschreibt die Objekte der materiellen Umwelt wie folgt noch eingehender:
- „Die materielle Umwelt des Menschen setzt sich zusammen aus Objekten, einzeln und im Zusammenhang, belebt und unbelebt, gewachsen und gebaut. Entsprechend ihrer Entstehung ist zwischen den natürlichen und den technischen Objekten zu unterscheiden. Auch die Elemente, aus denen das Einzelobjekt zusammengesetzt ist, sind Objekte ebenso wie umgekehrt jenes übergeordnete System als Objekt gilt, in dem mehrere Einzelobjekte als Einheit zusammenwirken. Das heißt, dass materielle Objekte zu keiner bestimmten Größenordnung gehören. Sie sind Bestandteile des Makrokosmos ebenso wie solche des Mikrokosmos. Als Begriff umfassen sie alle definierbaren Körper der materiellen Umwelt.“ (Ebd. S. 23).
- 38** Nach Meinung des Verfassers gilt dies als der geeignetste Ausgangspunkt für den Einstieg in ein derart komplexes und weitgespanntes Thema.

-
- 39** Das zeigt sich bereits an der hohen Zahl derartiger Literatur, wie sie in jeder entsprechenden Bibliothek zu finden ist.
- 40** Stöffler / Samberg: Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure; S. 8.
- 41** Ebd.
- 42** Ebd.
- 43** Unter Tragfunktion wird die sichere Aufnahme, das Umleiten und die Abgabe von Kräften verstanden.
- 44** Kuff: Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung; S. 11ff.
- 45** Ebd.
- 46** Joedicke: Schalenbau; S. 10.
- 47** Engel: Tragsysteme (1999); S. 16.
- 48** Ebd.
- 49** Vgl. Büttner / Hampe: Bauwerk Tragwerk Tragstruktur; S. 135.
- 50** Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 27.
- 51** Ebd.
- 52** Ebd.
- 53** Die herrschenden Ansätze zur Klassifizierung von Tragkonstruktionen orientieren sich an unterschiedlichen charakteristischen Merkmalen. So werden Tragkonstruktionen beispielsweise nach Art ihres Materials in die Kategorien Stahltragwerke, Holztragwerke oder Stahlbetontragwerke eingeteilt. Eine weitere Möglichkeit zur Untergliederung von Tragkonstruktionen liegt in der Geometrie ihrer Teile, was zu Begriffen wie Stabtragwerke, Flächentragwerke oder räumliche Tragwerke führt.
- Hier lassen sich zwei bedeutende Ansätze herausgreifen. Den ersten Klassifizierungsansatz schlug Heino Engel 1970 vor: er unterschied fünf Arten von Tragkonstruktionen nach ihrer Kräfteumleitung und benannte sie entsprechend (z.B. „formaktive Tragwerke“ oder „vektoraktive Tragwerke“). Zehn Jahre später unterteilte Hampe Tragkonstruktionen anhand ihrer Verhaltenseigenschaften in Gruppen, die er etwa als „Stabtragwerke“, „Seiltragwerke“ oder „Hypertragwerke“ bezeichnete. Er versuchte auch, für jede dieser Gruppen einen Merkmalskatalog zusammenzustellen.
- 54** Vgl. Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 30f.
- 55** Vgl. Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 30f.
- 56** Vgl. Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S.152.
- 57** Vgl. ebd. S.176.
- 58** Vgl. Bletzinger / Maute: Strukturoptimierung; S. 131ff.
- 59** Heinle / Schlaich: Kuppeln aller Zeiten - aller Kulturen; S. 203.
- 60** Vgl. Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 164ff.
- 61** Ebd. S. 164.
- 62** Vgl. ebd. S. 31.
- 63** Ebd. S. 160.
- 64** Die Optimierung der Tragkonstruktion könnte noch weitergehend sein und sich nicht nur auf statische Regeln, sondern auch auf die anderen Entwurfskriterien beziehen, d. h. Optimierung nach Ablesbarkeit, nach Wirtschaftlichkeit, nach Leichtigkeit etc..
- 65** Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 32.
- 66** Vgl. Hartmann: Entwerfen; S. 5.
-

-
- 67** Vgl. Fuhrmann: Bauplanung und Bauentwurf; S. 72ff.
- 68** Vgl. ebd. S. 84ff.
- 69** Klima, Ort, Typographie etc.
- 70** Z. B. Anforderungen an die Nutzung und Wahrnehmung der Räume, an die Summe der Räume, an das Gebäude im städtebaulichen Kontext.
- 71** Bei unterschiedlichen Bauaufgaben treten die einzelnen Kriterien der Bereiche Nutzung, Konstruktion und Gestalt mit wechselnden Gewichten in Erscheinung. Sie bilden die Grundlage und sind bei einem Bauwerk zu einer typischen Synthese zusammengefügt. Dabei sind Bauten denkbar, bei denen sich die entwerflichen Mittel aus diesen Bereichen die Waage halten. Meist aber treten einzelne Merkmale besonders hervor. Ein Industriebau ist in der Regel konstruktions- und funktionsbetont, ein Kultraum dagegen eher formal orientiert. Wesentlich ist die Verflechtung der Elemente aus den einzelnen Bereichen, welche die gebaute Form erst eindeutig begründen. Dem liegt die Entscheidung des Entwerfers zugrunde, welche Mittel in welcher Situation am sinnvollsten anzuwenden sind.
- 72** Die Bedeutung eines Bauwerks macht sich für Auftraggeber, Nutzer und Öffentlichkeit verständlicherweise zuerst an der gebauten Realität fest. Diese zeigt sich stets in zwei Dimensionen: Nutzungs- und Wahrnehmungsrealität. (Vgl. Fuhrmann: Bauplanung und Bauentwurf; S. .)
- 73** Vgl. Rittel: Der Planungsprozess als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung; S. 21ff.
- 74** Fuhrmann: Bauplanung und Bauentwurf; S. 56.
- 75** Adam: Architekt und Ingenieur. S.13.
- 76** Joedicke: Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts; S. 35.
- 77** Ebd. S. 176.
- 78** Ebd. S. 175.
- 79** Ebd. S. 176.
- 80** Deutsches Universalwörterbuch (Duden); S. 435.
- 81** Joedicke: Schalenbau; S. 228.
- 82** Ebd. S. 232.
- 83** 99 weitere Arbeiten waren bereits nach der ersten Bearbeitungsphase Ende April ausgeschieden. (Vgl. Amtsblatt der Landeshauptstadt Stuttgart: Stuttgart 21 – Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof. Sonderdruck Nr. 31 vom 31. Juli 1997; S. 4.)
- 84** Amtsblatt der Landeshauptstadt Stuttgart: Stuttgart 21 – Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof; S.
- 85** Ebd. S. 3.
- 86** Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 13.
- 87** Lehmann: Wertungen und Weltbilder; S. 35.
- 88** Vgl. ebd. S. 39.
- 89** Wagner: Entwerfen und Bewerten; S. 153.
- 90** Der Soll-Zustand kann auch als erwünschter Zustand oder Soll-Bedeutung bezeichnet werden.
- 91** Der Ist-Zustand kann auch als vorhandene Bedeutung der Tragkonstruktion angesehen werden.

-
- 92** Während bei der Erweiterbarkeit ein über das gewünschte Maß hinausgehender Wert nicht schadet, stellt sich die Situation bei einem Kriterium wie bspw. dem Bauvolumen anders dar: hier kann sich die Überschreitung des gewünschten Soll-Zustandes durchaus negativ auswirken. In diesem Sinne lässt sich Qualität von Quantität unterscheiden.
- 93** Vgl. Ackermann: Industriebau Aufgabe der Zukunft; S. 175.
- 94** Vgl. ebd. S. 181f.
- 95** Adam / Hausmann / Jüttner: Entwurfsatlas Industriebau; S. 21.
- 96** Vgl. FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zur ganzheitlichen Betrachtung. Band 3; S. 12.
- 97** Vgl. Franzeke: S. 13, S. 20ff, S. 29.
- 98** Vgl. Ackermann: Industriebau - Aufgabe der Zukunft; S. 140ff.
- 99** Vgl. Kopp / Rott / Rozyński: Typisch Industriebau.
- 100** Jeder Soll-Zustand kann je nach Urheber und Perspektive unterschiedlich ausfallen.
- 101** Posener: Absolute Architektur; S. 244ff.
- 102** Um den geforderten „außergewöhnlich hohen Anforderungen“ an die Klimatisierung gerecht zu werden, ist es notwendig, den umbauten Raum so klein wie möglich zu halten.
- 103** Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 80.
- 104** Ebd. S. 75.
- 105** Ebd. S. 82.
- 106** Ebd. S. 84.
- 107** „Für Grundrissformen mit rechteckigen Abmessungen, deren Ausdehnung in einer Richtung wesentlich größer als in der anderen ist, sollen in der Regel einachsig lastabtragende Tragsysteme gewählt werden.“ (Ackermann: Tragwerke in der konstruktiven Architektur; S. 28.)
- 108** Engel: Tragsysteme (1999); S. 12.
- 109** Ebd.
- 110** Ebd. S. 16.
- 111** Ebd.
- 112** Ebd.
- 113** Ebd. S. 17.
- 114** Ebd. S. 18.
- 115** Vgl. Universität Stuttgart: Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen; S. 31.
- 116** Andere Integrationsformen finden sich in Deutschland z. B. an der Universität Dortmund (Dortmunder Modell) oder an der Universität Karlsruhe (gemeinsame Lehrinhalte).
- 117** Vgl. Ackermann: An der Nahtstelle der Disziplinen; S. 10.
- 118** Vgl. ebd. S. 7.
- 119** Vgl. ebd. S. 7f.
- 120** Ebd. S. 7. Siehe auch Ackermann: Aufbau der Lehre; S. 30ff.
- 121** Adam: 1994 bis 2005. Katalog zur Ausstellung an der Universität Stuttgart; S. 10.
- 122** FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Band 1; S. 3.
- 123** Ebd. S. 3f.
-

-
- 124** Vgl. ebd. S. 4.
- 125** Saradshow: Einführung in die Bewertungspraxis; S. 197.
- 126** Ebd. S. 201.
- 127** Vgl. FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung Band 3: S. 17.
- 128** Vgl. ebd. S. 53.
- 129** „Wohlbefinden“ stellt eines der fünf Bewertungskriterien nach FOGIB dar.
- 130** Polónyi: Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur; S. 38.
- 131** FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung Band 1; S. 4.
- 132** Polónyi: Die Ausbildung der Bauwerksplaner – Architekten und Ingenieure für die Zukunft; S. XIII.
- 133** Otto: Vortrag und Laudatio zum Abschied von Kurt Ackermann und zum Antritt von Jürgen Adam am 1.12.1995.
- 134** Vgl. WAS IST Architektur Artikel / oder seine Zitat im Anhang
- 135** Schlaich: Baukunst ist unteilbar; S.55

Literaturverzeichnis

Ackermann, Kurt:

An der Nahtstelle der Disziplinen. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Architekt – Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1997; S. 7-10. ISBN 3-7828-4026-7

Aufbau der Lehre. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Architekt – Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1997; S. 30-31. ISBN 3-7828-4026-7

Geschossbauten für Gewerbe und Industrie. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1993. ISBN 3-421-03046-4

Grundlagen für das Entwerfen und Konstruieren. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1983. ISBN 3-7828-1108-9

Industriebau. Aufgabe der Zukunft. 1989

Industrie und Städtebau. In: Ackermann, Kurt (Hrsg.): Industriebau. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1984; S. 246-261.

Ingenieurbau (Seminar) b1

Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988. ISBN 3-421-02947-4

Adam, Jürgen:

Antrittsvorlesung. Bauen zwischen Technik, Kunst und Wissenschaft. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Abschied Kurt Ackermann. Stuttgart. ISBN 3-7828-4026-7

Architekt und Ingenieur. In: .Institut für Entwerfen und Konstruieren. Stuttgart.

Adam, Jürgen (Hrsg.):

1994 bis 2005. Katalog zur Ausstellung an der Universität Stuttgart. Stuttgart: Institut für Entwerfen und Konstruieren, 2005.

Adam, Jürgen / Hausmann, Katharina / Jüttner, Frank:

Entwurfsatlas Industriebau. Basel: Birkhäuser-Verlag, 2004. ISBN 3-7643-2175-X

Amtblatt der Landeshauptstadt Stuttgart:

Stuttgart 21 – Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof. Sonderdruck Nr. 31 vom 31. Juli 1997.

Barthel, Rainer:

Form der Konstruktion – Konstruktion der Form. In: Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 15-26. ISBN 3-7913-2830-1

Berger, Rolf und Eva:

Bauwerke betrachten – erfassen – beurteilen. Wege zum Verständnis klassischer und moderner Architektur. Augsburg: Augustus-Verlag, 1999. ISBN 3-8043-0396-X

Bletzinger, Kai-Uwe / Maute, Kurt:

Strukturoptimierung. In: Teichmann, Klaus / Wilke, Joachim (Hrsg.): Prozess und Form „Natürlicher Konstruktionen“. Der Sonderforschungsbereich 230. Berlin: Ernst & Sohn, 1997; S. 131-147.

Bueno, Patricia / Eiriz, Marta / Torres, Martha:

Große Architekten. : Atrium Group, 2002. ISBN 84-95692-24-4

Büttner, Oskar / Hampe, Erhard:

Bauwerk Tragwerk Tragstruktur. Band 2: Klassifizierung – Tragqualität - Bauwerksbeispiele. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1984. ISBN 3-433-01025-0

Dietrich, Richard J.:

Faszination Brücken. Baukunst – Technik – Geschichte. München: Callwey, 1998. ISBN 3-7667-1326-4

Döring, Wolfgang:

Konstruktion und Form. Stuttgart: Kohlhammer, 1995. ISBN 3-17-012745-4

Döring, Wolfgang / Hofstadt, Hans H.:

Entwerfen + Bauen. Stuttgart: Kohlhammer, 1981. ISBN 3-17-007067-3

Dubas, Pierre / Gehri, Ernst:

Stahlhochbau. Grundlagen, Konstruktionsarten und Konstruktionselemente von Hallen- und Skelettbauten. Berlin u. a.: Springer-Verlag, 1988. ISBN 3-540-19348-0

Engel, Heinrich:

Tragsysteme. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1967.

Tragsysteme. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1999.

FOGIB: DFG- Forschergruppe an der Universität Stuttgart:

Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. 3 Bände. 1997.

Franzeke

Industriebau. Basel: Birkhäuser Verlag, 1991.

Wilfried Führer- Ingen - Susanne Müller:

Der Entwurf von Tragwerken. Verlagsgesellschaft Rudolf, 1995. ISBN 3-481-00887-2

Fuhrmann, Peter:

Bauplanung und Bauentwurf. Grundlagen und Methoden der Gebäudelehre. Stuttgart: Kohlhammer, 1998.

Gebhard, Helmut:

System, Element und Struktur in Kernbereichen alter Städte dargestellt an der Stadt Dinkelsbühl und den Nachbarstädten Rothenburg o. d. T., Nördlingen und Donauwörth. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1969.

Götz, Matthias:

Heureka oder die Kunst des Entwerfens. In: Internationales Forum für Gestaltung Ulm (Hrsg.): Heureka oder die Kunst des Entwerfens. Frankfurt a. M.: Anabas-Verlag, 2002. ISBN 3-87038-342-9

Graefe, Rainer:

Historische Leichtbaukonstruktionen. In: Brinkmann, Günther (Hrsg.): Leicht und weit. Zur Konstruktion weitgespannter Flächentragwerke. Weinheim: VCA, 1990; S. 61-76.

Hartmann, Jürgen:

Entwerfen. Einführung in die wesentliche Tätigkeit des gestaltenden Architekten. Stuttgart: Kohlhammer, 1980.

Hauschild, Moritz:

Konstruieren im Raum. Eine Baukonstruktionslehre zum Studium. München: Callway, 2003.

Heinle, Erwin / Schlaich, Jörg:

Kuppeln aller Zeiten – aller Kulturen. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1996. ISBN 3-421-03062-6

Herzog, Thomas:

Vom Bauen mit Systemen. In: Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architektur museums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 27-33.

Hetzer, Theodor:

Erinnerungen an italienische Architektur.?, 1950.

Höller, Ralf:

Experimentelle Formfindung. In: Teichmann, Klaus / Wilke, Joachim (Hrsg.): Prozess und Form „Natürlicher Konstruktionen“. Der Sonderforschungsbereich 230. Berlin: Ernst & Sohn, 1997; S. 106-114. ISBN 3-433-02883-4

Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.):

Architekt – Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1997. ISBN 3-7828-4026-7

Institut für Grundlagen der modernen Architektur und Entwerfen (Hrsg.)/ Jürgen Joedicke:

Beiträge zum Entwerfen. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1991. ISBN 3-7828-4009-7

Joedicke, Jürgen:

Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1976. ISBN 3-7828-1104-6

Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts. Von 1950 bis zur Gegenwart. Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag, 1998. ISBN 3-7828-0459-7

Industriebau und Architektur. Ein historischer Rückblick. In: Ackermann, Kurt (Hrsg.): Industriebau. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1984; S. 11-13.

Raum und Form in der Architektur. Über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1985. ISBN 3-7828-1111-9

Schalenbau. Konstruktion und Gestaltung. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1962 (= Dokumente der Modernen Architektur, 2).

Zwei Jahrzehnte Architekturlehre in Stuttgart – ein Rückblick auf die siebziger und achtziger Jahre. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Architekt – Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1997; S. 11-14.

Kadatz, Hans-Joachim:

Wörterbuch der Architektur. Leipzig: Seemann, 1980.

Kammerer, Hans:

Industriebau als Architektenaufgabe. In: Ackermann, Kurt (Hrsg.): Industriebau. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1984; S. 40-43.

Kindmann/ Krähwinkel:

Stahl- und Verbund- Konstruktionen. Teubner, ISBN 3-519-05266-0

Kopp, Andreas / Rott, Herwig / Rozynski, Daniel:

Typisch Industriebau, Industrial Building Typology. In: Detail 2003/9;

Kuff, Paul:

Tragwerke als Elemente der Gebäude- und Innenraumgestaltung. Stuttgart: Kohlhammer, 2001. ISBN 3-17-016006-0

Lehmann, Klaus:

Wertungen und Weltbilder. In: FOGIB: DFG- Forschergruppe an der Universität Stuttgart: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. 1997. Band 1; S. 35-52.

Margolius, Ivan:

Architects + Engineers = Structures. Chichester: Wiley-Academy, 2002. ISBN 0-471-49825-4

Nerdinger, Winfried (Hrsg.):

Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002. ISBN 3-7913-2830-1

Onouye, Barry / Kane, Kevin:

Statics and Strength of Materials for Architecture and Building Construction. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2002. ISBN 0-13-054970-3

Otto, Frei:

Architektur muss immer ein Akt der Nächstenliebe sein. In: Kremerskothen, Josef / Rasch, Horst (Hrsg.): Grosse Architekten. Menschen, die Baugeschichte machten. Hamburg: Gruner + Jahr, 1989; S. 246-256. ISBN 3-570-06546-4

Vortrag und Laudatio zum Abschied von Kurt Ackermann und zum Antritt von Jürgen Adam am 1.12.1995. Universität Stuttgart. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Abschied Kurt Ackermann. Stuttgart, 1997. ISBN 3-7828-4026-7

Polónyi, Stefan:

Die Ausbildung der Bauwerksplaner – Architekten und Ingenieure für die Zukunft. In: Walochnik, Wolfgang u.a. (Hrsg.): Bauwerksplanung. Köln: Müller, 1990; S. XI-XX. ISBN 3-481-00264-5

Wissenschaftsverständnis, Tragkonstruktion, Architektur. In: DAIDALOS. Berlin Architectural Journal S.33-45.

Polónyi, Stefan / Walochnik, Wolfgang:

Architektur und Tragwerk. Berlin: Ernst & Sohn, 2003. ISBN 3-433-01769-7

Posener, Julius:

Absolute Architektur. Braunschweig/ Wiesbaden 1981

Ralph Repson:

Architekturlehrer für Tragkonstruktionen. In: Engel, Heinrich: Tragsysteme. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1967. S. 7-11.

- Rittel, Horst W. J.:**
Der Planungsprozess als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung. Stuttgart: Institut für Grundlagen der Planung.
- Salvadori, Mario / Heller, Robert:**
Tragwerk und Architektur. Braunschweig: Vieweg, 1977. ISBN 3-528-08658-0
- Sandaker, Bjørn Normann / Eggen, Arne Petter:**
Die konstruktiven Prinzipien der Architektur. Basel: Birkhäuser Verlag, 1994. ISBN 3-7643-2983-1

Stahl in der Architektur. Konstruktive und gestalterische Verwendung. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1996. ISBN 3-421-03101-0
- Saradshow, Peter:**
Einführung in die Bewertungspraxis. In: FOGIB: DFG-Forschergruppe an der Universität Stuttgart: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. Band 1; S. 197-216.
- Schlaich, Jörg:**
Baukunst ist unteilbar. zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. Band 1; S. 197-216
- Schlaich, Jörg / Schüller, Matthias:**
Ingenieurbauführer Baden-Württemberg. Berlin: Bauwerk Verlag, 1999. ISBN 3-934369-01-4
- Schönfeld, Jürgen W.:**
Gebäudelehre. Stuttgart: Kohlhammer, 1992. ISBN 3-17-010558-2
- Schulitz, Helmut C. / Sobek, Werner / Habermann, Karl J.:**
Stahlbau-Atlas. Basel: Birkhäuser Verlag, 2001. ISBN 3-7643-6399-1
- Spies, Karl:**
Konstruktives Entwerfen im Hochbau. Von der Grundrissdisposition zum Tragwerk. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1982 (Dissertation an der Universität Stuttgart). ISBN3-7928-1470-3
- Steele, James:**
The Hassan Fathy Collection. A Catalogue of Visual Documents at The Aga Khan Award for Architecture. The Aga Khan Trust for Culture (Genf), 1989. ISBN 2-88207-003-9
- Stöffler, Jürgen / Samberg, Susanne:**
Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure. Berlin: Bauwerk Verlag, 2002. ISBN 3-934369-39-1
- Tokarz, Bernhard:**
Industriebau, eine Entwurfsaufgabe für Ingenieure. In: Ackermann, Kurt (Hrsg.): Industriebau. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1984; S. 118-121.
- Tonon, Benedict / von Horlacher, Wolf:**
Entwerfen. Wertsetzungen in der Architekturausbildung. Berlin, 1986. ISBN 3-7983-1152-8
- Universität Stuttgart (Hrsg.):**
Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen. Stuttgart, 1995.
- Waag, Volker:**
Konstruktive Gebäudeplanung. Ein Leitfaden für Studierende. Berlin: Bauwerk Verlag, 2002. ISBN 3-934369-17-0
- Wachsmann, Konrad:**
Wendepunkt im Bauen. Dresden: VEB Verlag der Kunst, 1988. ISBN 3-364-00116-2
- Wagner, Rosemarie:**
Entwerfen und Bewerten. In: FOGIB: DFG- Forschergruppe an der Universität Stuttgart: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. 1997. Band 1; S. 151-161.
- Ohne Angabe:**
Haut und Knochen. Hofüberdachung in London. In: db deutsche bauzeitung, 9/1993; S. 42-49.
- Ohne Angabe:**
Deutsches Universalwörterbuch (Duden). Mannheim: Bibliographisches Institut, 2001.

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

- Abb. 1.1: Aufbau der Arbeit
Abb. 1.2: Zusammenarbeit des Ingenieurs und des Architekten bei verschiedenen Bauwerken (nach Büttner / Hampe)

Kapitel 2

- Abb. 2.1: Das AT&T Building in New York von Philip Johnson und John Burgee
Abb. 2.2: Die Hauptverwaltung der Hongkong und Shanghai Bank in Shanghai von Foster Association
Abb. 2.3: Zuordnung von Bauwerk und Tragwerk auf der Grundlage der vom Tragwerk erfüllten Funktionen (nach Büttner / Hampe)
Abb. 2.4: Möglichkeiten der bildnerischen Demonstration eines Tragwerks und seiner Teile (nach Ackermann)
Abb. 2.5: Eissporthalle München
Abb. 2.6: Die drei Subsysteme der Tragkonstruktion
Abb. 2.7: Isometrie des Gesamtsystems der Tragkonstruktion
Abb. 2.8: Beiträge des gewählten Systems zu den Entwurfskriterien
Abb. 2.9: Beiträge des Systems im Innenraum der Halle
Abb. 2.10: Typisches Tragverhalten eines Bogens bei unterschiedlichen Lastfällen
Abb. 2.11: Schema der Verformungsfigur des Bogens und des Seilnetzes in Hallenlängsrichtung unter vertikalen symmetrischen Lasten
Abb. 2.12: Schema der Verformungsfigur des Bogens und des Seilnetzes in Hallenquerrichtung unter antisymmetrischen vertikalen Lasten
Abb. 2.13: Dreigurtbogen in ein räumliches Fachwerk aufgelöst
Abb. 2.14: Innenraum der Halle
Abb. 2.15: Ablesbarkeit der Gesamttragkonstruktion: Tragverhalten und Kräftefluss im Erscheinungsbild der Halle
Abb. 2.16: Einsatz modernster Technik
Abb. 2.17: Die Aufgabe der Tragkonstruktion in einem Bauwerk liegt darin, unterstützende Beiträge zu sämtlichen entwurfsbestimmenden Kriterien seines Nutzungskonzeptes, seiner Gesamtkonstruktion sowie seiner gestalterischen Idee zu liefern - unter Gewährleistung einer nach statischen Regeln weitgehend optimierten Tragfunktion.
Abb. 2.18: Die Bedeutung der Tragkonstruktion in einem Bauwerk wird zunächst im gedanklichen Konzept des Entwurfsprozess definiert und anschließend im Bauresultat durch die Summe aller Beiträge umgesetzt und wahrgenommen.
Die Qualität einer Tragkonstruktion wird wesentlich davon bestimmt, inwieweit es ihr gelingt, integrierter Teil eines neuen Ganzen zu werden, in dem alle Teilaspekte ihren gebührenden Anteil erhalten.
Abb. 2.19: Entstehungskontext der Entwurfskriterien
Abb. 2.20: Wechselwirkungen zwischen den Gruppen der drei Hauptkriterien
Abb. 2.21: Guggenheim-Museum, New York
Abb. 2.22: Oper von Sydney
Abb. 2.23: Bergisches Fachwerkhaus
Abb. 2.24: Entwurfskriterien als Bewertungsfilter für die Variantenerzeugung, Einschränkung und Alternativenbildung (Schaubild nach Rittel)
Abb. 2.25: Die Neue Nationalgalerie von Ludwig Mies van der Rohe in Berlin (1963 –1968)
Abb. 2.26: Die Siedlung Lafayette Park in Detroit/Michigan (1955-1963)
Abb. 2.27: Der Innenraum des Centre Georges Pompidou von Richard Rogers und Renzo Piano in Paris (1971 – 1977)
Abb. 2.28: Blick von außen auf das Centre Georges Pompidou
Abb. 2.29: Der Entwurf von Gerkan, Marg + Partner, Aachen
Abb. 2.30: Der Entwurf von Behnisch & Partner, Stuttgart
Abb. 2.31: Der Entwurf von Auer + Weber + Partner, Stuttgart/ München
Abb. 2.32: Der Entwurfsprozess: von der Entstehung der Entwurfskriterien bis zu ihrer Umsetzung im Bauresultat
Abb. 2.33: Die Kirche San José Obrero von Félix Candela in Mexiko (1954)
Abb. 2.34: Die Kirche San Vicente de Paul von Félix Candela in Mexiko (1954)
Abb. 2.35: (links) Innenraum und Grundriss der Kirche San José Obrero zeigen den Widerspruch zwischen Tragkonstruktionsform und Grundrissgliederung.
Abb. 2.36: (rechts) Bei der Kirche San Vicente de Paul harmonisieren Tragkonstruktionsform und Grundrissgliederung.
Abb. 2.37: Die vier beim Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof „Stuttgart 21“ ausgezeichneten Arbeiten.
Abb. 2.38: Der Vorschlag von Ingenhoven, Overdiek, Kahlen und Partner
Abb. 2.39: Der Vorschlag von Wörner + Partner
Abb. 2.40: Geometrische Formen des Pantheons von Rom
Abb. 2.41: Die kassettierte Decke des Pantheons

Kapitel 3

- Abb. 3.1: Grundskizze zur Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur eines Bauwerks
- Abb. 3.2: Grundskizze zur Eintragung des Soll-Zustandes der Tragkonstruktionsbeiträge
- Abb. 3.3: Fiktives Beispiel eines Soll-Zustandes für Tragkonstruktionsbeiträge bei einer Industriehalle
- Abb. 3.4: Grundskizze zur Eintragung des Ist-Zustandes der Tragkonstruktionsbeiträge
- Abb. 3.5: Fiktives Beispiel eines Ist-Zustandes für Tragkonstruktionsbeiträge bei einer Industriehalle
- Abb. 3.6: Eintragung des Soll- und Ist-Zustandes als Bewertungsgrundlage
- Abb. 3.7: Flächen als graphische Darstellungsmöglichkeit des Verhältnisses von Soll- und Ist-Zustand
- Abb. 3.8: Drei Schritte zur Bewertung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur
- Abb. 3.9: Graphische Darstellung der Bewertung

Kapitel 4

- Abb. 4.1: Organisation von Funktionsabläufen (nach Kopp / Rott / Rozynski)
- Abb. 4.2: Grundskizze zur Bewertung des Einklangs bei der Inmos-Halle
- Abb. 4.3: Vorläufige Soll-Zustände bei der Inmos-Halle
- Abb. 4.4: Soll-Zustand der Tragkonstruktionsbeiträge bei der Inmos-Halle
- Abb. 4.5: Isometrie des Gesamtsystems der Tragkonstruktion
- Abb. 4.6: Tragwerksteile wie Pylone, Haupt- oder Nebenträger
- Abb. 4.7: Zusammenhang von Stützpunkten und Grundrissgliederung
- Abb. 4.8: Erweiterbarkeit durch das entwickelte Fügungsprinzip
- Abb. 4.9: Gerichtete Systeme erlauben Erweiterungen in eine bestimmte Richtung
- Abb. 4.10: Vorder- und Seitenansicht der Inmos-Halle
- Abb. 4.11: Blick in die Kommunikationsstrasse der Inmos-Halle
- Abb. 4.12: Pylonen markieren die Erschließungszone
- Abb. 4.13: Hauptträger und Abspannungen als Elemente des Erscheinungsbilds
- Abb. 4.14: Die konstruktive Durchbildung von Details prägt die äußere Gestalt der Halle
- Abb. 4.15: Einblick in einen Nutzungsraum (links) und die Kommunikationsstrasse (rechts)
- Abb. 4.18: Montage der Tragkonstruktion
- Abb. 4.19: konstruktiver Durchbildung des Raumabschlusses
- Abb. 4.20: Zwei Geschosse mit Installationsboxen
- Abb. 4.21: Dachaufsicht, außenliegende Verteilungskanäle zu den unterschiedlichen Nutzungsbereichen
- Abb. 4.22: Ist-Zustand für Tragkonstruktionsbeiträge bei der Inmos - Halle
- Abb. 4.23: graphische Darstellung zur Beurteilung des Einklangs von Tragkonstruktion und Architektur der Inmos - Halle

Kapitel 5

- Abb. 5.1: Fünf Mechanismen der Kräfteumleitung nach Engel
- Abb. 5.2: Einfluss der Konstruktionshöhe auf Belastung der Gitterstäbe
- Abb. 5.3: Lehrinhalte des Instituts für Entwerfen und Konstruieren Quelle: Institut für Entwerfen und Konstruieren
- Abb. 5.4: Ergebnisse gemeinsamer Übungen von Bauingenieur- und Architekturstudenten am IEK
- Abb. 5.5: Systematik des Fragenkatalogs
- Abb. 5.6: Untergliederung der fünf Hauptkriterien (Quelle: Ausschnitt)
- Abb. 5.7: Untergliederung des Kriteriums „Tragwerk und Gestalt“ Quelle: FOGIB: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung (Band 3); S. 86.
- Abb. 5.8: Bewertungstabelle für das Kriterium „Tragwerk und Gestalt“ der Entwurfsvarianten des Wettbewerbs „Südbrücke Oberhavel, Berlin“ Quelle: FOGIB
Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse Quelle: FOGIB, Band 3, S. 53.
- Abb. 5.9: Teufelskreis von Lehre und Denkweise als Hauptursache für viele bauliche Mängel
- Abb. 5.10: Unterschiedliche Ausbildungsmodelle
- Abb. 5.11: Ramses-Platz vor dem Hauptbahnhof Kairos Quelle: eigenes Foto
- Abb. 5.12: „Brücke des 6. Oktober“ in der Stadtmitte von Kairo Quelle: eigenes Foto
- Abb. 5.13: Große Differenzen zwischen Soll- und Ist-Zustand
- Abb. 5.14: Khan El Khalili-Viertel Quelle: eigenes Foto
- Abb. 5.15: Der Zusammenhang zwischen Lehrbüchern, Übungsaufgaben und Bauresultat am Beispiel eines Ausschnitts der „Brücke des 6. Oktober“ in Kairo, Ägypten.
- Abb. 5.16: Zwei Industriehallen im Vergleich: Zusammenhang zwischen Lehre und Bauresultat auch bei unterschiedlichen Randbedingungen
- Abb. 5.17: Ansicht der Parkplatzüberdachung
- Abb. 5.18: Der Stützenfuß zeigt die undurchdachte Um-setzung statischer Vorgaben auch im Detail
- Abb. 5.19: Der Stützenfuß als „Wassersammelstelle“

Bildnachweis

- Abb. 1.1 Büttner, Oskar / Hampe, Erhard: Bauwerk Tragwerk Tragstruktur. Band 2: Klassifizierung – Tragqualität – Bauwerksbeispiele. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1984; S. 15.
- Abb. 1.2 Eigener Entwurf
- Abb. 2.1 Joedicke, Jürgen: Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts. Von 1950 bis zur Gegenwart. Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag, 1998
- Abb. 2.2 Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 85.
- Abb. 2.3 Büttner, Oskar / Hampe, Erhard: Bauwerk Tragwerk Tragstruktur. Band 2: Klassifizierung – Tragqualität – Bauwerksbeispiele. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1984;
- Abb. 2.4 Ackermann, Kurt: Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988; S. 27.
- Abb. 2.6 Ackermann, Kurt: Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988; S. 159.
- Abb. 2.7 Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 66.
- Abb. 2.8 Internet
- Abb. 2.9 Stöffler, Jürgen / Samberg, Susanne: Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure. Berlin: Bauwerk Verlag, 2002; S. 79.
- Abb. 2.10 Ackermann, Kurt: Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988; S. 164.
- Abb. 2.11 Ebd. S. 165
- Abb. 2.13 Stöffler, Jürgen / Samberg, Susanne: Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure. Berlin: Bauwerk Verlag, 2002; S. 78.
- Abb. 2.25 Joedicke, Jürgen: Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts. Von 1950 bis zur Gegenwart. Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag, 1998; S. 34.
- Abb. 2.26 Joedicke, Jürgen: Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts. Von 1950 bis zur Gegenwart. Stuttgart + Zürich: Karl Krämer Verlag, 1998; S. 34.
- Abb. 2.27 Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 81.
- Abb. 2.28 Nerdinger, Winfried (Hrsg.): Konstruktion und Raum in der Architektur des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch. Beispiele aus der Sammlung des Architekturmuseums der Technischen Universität München. München: Prestel Verlag, 2002; S. 81.
- Abb. 2.30: Ebd.
- Abb. 2.31: Ebd.
- Abb. 2.32: eigener Entwurf
- Abb. 2.33: Joedicke, Jürgen: Schalenbau. Konstruktion und Gestaltung. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1962;
- Abb. 2.34: Ebd.
- Abb. 2.35: Ebd.
- Abb. 2.36: Ebd.
- Abb. 2.37: Amtsblatt der Landeshauptstadt Stuttgart: Stuttgart 21 – Realisierungswettbewerb für den neuen Hauptbahnhof. Sonderdruck Nr. 31 vom 31. Juli 1997.
- Abb. 2.38: Ebd.
- Abb. 2.39: Ebd.
- Abb. 2.40: Joedicke, Jürgen: Raum und Form in der Architektur. Über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1985. S
- Abb. 2.41: Ebd.
- Abb. 3.1: eigener Entwurf
- Abb. 3.2: eigener Entwurf
- Abb. 3.3: eigener Entwurf
- Abb. 3.4: eigener Entwurf
- Abb. 3.5: eigener Entwurf
- Abb. 3.6: eigener Entwurf
- Abb. 3.7: eigener Entwurf
- Abb. 3.8: eigener Entwurf
- Abb. 3.9: eigener Entwurf
- Abb. 4.1: Kopp, Andreas / Rott, Herwig / Rozynski, Daniel: Typisch Industriebau? Industrial Building Typology. In: Detail 2003/9;
- Abb. 4.2: eigener Entwurf
- Abb. 4.3: eigener Entwurf
- Abb. 4.4: eigener Entwurf
- Abb. 4.5: Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988.
- Abb. 4.6: Ebd.
- Abb. 4.7: Ebd.
- Abb. 4.8: Ebd.

- Abb. 4.9: Ebd.
Abb. 4.10: Ackermann, Kurt: Industriebau. Aufgabe der Zukunft. 1989
Abb. 4.11: Ebd.
Abb. 4.18: Geschossbauten für Gewerbe und Industrie. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1993.
Abb. 4.20: Tragwerke in der konstruktiven Architektur. Stuttgart: Deutsch Verlags-Anstalt, 1988
Abb. 4.21: Ebd.
Abb. 4.22: eigener Entwurf
Abb. 4.23: eigener Entwurf
Abb. 5.1: Engel, Heinrich: Tragsysteme. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1967.
Abb. 5.2: Ebd.
Abb. 5.3: Aufbau der Lehre. In: Institut für Entwerfen und Konstruieren (Hrsg.): Architekt – Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, 1997; S. 30-31. ISBN 3-7828-4026-7

Abb. 5.4: Ebd.
Abb. 5.5: Ebd.
Abb. 5.6: FOGIB: DFG- Forschergruppe an der Universität Stuttgart: Ingenieurbauten - Wege zu einer ganzheitlichen Betrachtung. Abschlußbericht. 3 Bände. 1997. S7

Abb. 5.7: Ebd.
Abb. 5.8: Ebd.
Abb. 5.8: Ebd.
Abb. 5.9: eigener Entwurf
Abb. 5.10: eigener Entwurf
Abb. 5.11: eigenes Foto
Abb. 5.12: eigenes Foto
Abb. 5.13: eigener Entwurf
Abb. 5.14: eigenes Foto
Abb. 5.15: eigener Entwurf
Abb. 5.16: eigener Entwurf
Abb. 5.17: eigenes Foto
Abb. 5.18: eigenes Foto
Abb. 5.19: eigenes Foto