

Quantifizierung und Bewertung der Landschaftszerschneidung

Jochen Jaeger*

Nr. 167 / Januar 2001

Arbeitsbericht

ISBN 3-934629-12-1

ISSN 0945-9553

* neue Adresse ab Februar 2001: Carleton University, Department of Biology, Landscape Ecology Laboratory, 2240 Herzberg Laboratories, 1125 Colonel By Drive, Ottawa, ON K1S 5B6, Canada. E-mail: jjjaeger@ccs.carleton.ca

***Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg***

Industriestr. 5, 70565 Stuttgart
Tel.: 0711 • 9063-0, Fax: 0711 • 9063-299
E-Mail: info@ta-akademie.de
Internet: <http://www.ta-akademie.de>

Ansprechpartner: Prof. Dr. Ortwin Renn, Tel. 0711 • 9063-160
E-Mail: ortwin.renn@ta-akademie.de
und
Dipl.-Geogr. Heide Esswein, Tel. 0711 • 9063-282
E-Mail: heide.esswein@ta-akademie.de

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* gibt in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der TA-Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der TA-Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen.

Vorwort

Am 30. August 2000 erschien in der *Neuen Zürcher Zeitung* ein ganzseitiger Artikel mit dem Titel „Zerschnittene Lebensräume wieder verbinden – Die Schweiz auf dem Weg zu einer naturverträglichen Strassenplanung?“. Der Text verdeutlicht nachdrücklich, dass Straßen heute zu einem beherrschenden Landschaftselement geworden sind: In der Schweiz stehen 111 000 km Straßen 5 000 km Schienen gegenüber (Forst- und Landwirtschaftswege nicht mitgerechnet). Das Infrastrukturnetz bedeckt mehr als zwei Prozent der Landesfläche. Es zählt damit zu den dichtesten der Welt, „und es überrascht kaum, dass diese Verkehrswege deutliche ökologische Auswirkungen mit sich bringen. Hingegen erstaunt, dass viele Effekte, die weit über Bestandeseinbussen durch Wildunfälle und überfahrene Amphibien hinausgehen, erst seit einigen Jahren ernsthaft untersucht werden.“ Der Autor G. Klaus weist darauf hin, dass insbesondere im Schweizer Mittelland zahlreiche traditionelle Wildwechsel vollständig blockiert wurden, so dass natürliche Wanderungen von den Alpen in den Jura beispielsweise seit dem Bau der A1 nicht mehr möglich sind. Das vor kurzem erstellte Inventar ehemaliger sowie noch bestehender Wildtierkorridore von nationaler Bedeutung brachte ans Licht, dass von den 303 übergeordneten Wildwechseln der Schweiz gerade noch 85 intakt sind. Eine Auswertung der Fundorte von tot aufgefundenen oder bei der Jagd erlegten Rehen, die als Rehkitze zwischen 1971 und 1995 markiert wurden, belegt einen starken Rückgang der Wanderbewegungen dieser Tiere: „Massiv beschnitten wurde insbesondere die Mobilität der Geissen, bei denen die zurückgelegten Distanzen von durchschnittlich 4,3 km in den Jahren 1971 bis 1975 auf 0,6 km im Zeitraum 1991 bis 1993 schrumpften.“ Stark unterschiedliche Besiedlungsdichten lassen darauf schließen, „dass das artspezifische System der großräumigen Bestandesregulation nicht mehr richtig funktioniert. Viele Tierarten müssen sich aber in der Landschaft über größere Distanzen bewegen können, um weit verstreute Nahrungsquellen aufzusuchen. Zudem können Barrieren das Auffinden von Geschlechtspartnern erschweren oder zu Inzucht führen.“ Der Text stellt eine Reihe weiterer ökologischer Folgen dar, die in der letzten Zeit bekannt geworden sind, und geht anschließend auf das neue EU-Forschungsprojekt „Lebensraumfragmentierung durch lineare Verkehrsinfrastrukturanlagen“ ein (Klaus 2000).

Vergleichbare Untersuchungen wie in der Schweiz liegen für Baden-Württemberg bisher nicht vor. Die zunehmenden Forschungsaktivitäten und die Vermittlung der Ergebnisse an die Öffentlichkeit wie durch den zitierten Zeitungsbericht lassen allerdings erwarten, dass das Thema der Landschaftszerschneidung in der nächsten Zeit auch in Baden-Württemberg und deutschlandweit verstärkt öffentliches Interesse finden wird.

Der vorliegende Arbeitsbericht ist eine Zusammenfassung der Studie „Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung“ (Jaeger 1999), die ich unter der

Betreuung von Herrn Prof. Dr. Ortwin Renn (Akademie für Technikfolgenabschätzung und Universität Stuttgart), Herrn Prof. Dr. Klaus C. Ewald (ETH Zürich) und Herrn Prof. Dr. Ulrich Müller-Herold (ETH Zürich) in den Jahren 1994-99 an der Akademie für Technikfolgenabschätzung erstellt habe. Die Studie wurde im Dezember 1999 vom Departement für Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich als Promotionsarbeit angenommen.

Die Funktion dieses Arbeitsberichtes besteht darin, einige wichtige Ergebnisse aus der Langfassung einer interessierten Öffentlichkeit vorzustellen und zu weiteren Arbeiten über das Thema Landschaftszerschneidung anzuregen. Zugleich stellt der Arbeitsbericht die methodischen Grundlagen für die Quantifizierung der Landschaftszerschneidung durch die Größe „effektive Maschenweite“ dar, welche als Umweltindikator in den Akademie-Projekten *Statusbericht „Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg“* und *Integrierte Wirtschafts- und Mobilitätskonzepte für Refugien im Rahmen Nachhaltiger Entwicklung* eingesetzt wird.

Jedes Kapitel des Arbeitsberichtes gibt einen ergebnisorientierten Überblick über das entsprechende Kapitel der Langfassung. Dabei erhalten die Kapitel 1 (Problemstellung) und 11 (Synthesekapitel: Integration der Ergebnisse zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen) das größte Gewicht, da sie einerseits die Beschreibung des Ausgangsproblems und die daraus abgeleiteten Forschungsfragen und andererseits die Antworten auf diese Forschungsfragen wiedergeben. Der vorliegende Bericht lässt sich unabhängig von der Langfassung lesen, für die Beschreibung der Methoden, für die Detailergebnisse (auf die sich die Antworten zu den Forschungsfragen stützen) und die einzelnen Argumentationslinien muss allerdings auf die Langfassung der Studie verwiesen werden. (Die Langfassung ist erhältlich bei: Dr. J. Jaeger, Haarkoppel 19, D-23714 Bad Malente – Kreuzfeld.)

Die Studie verfolgt einen *transdisziplinären* Forschungsansatz (vgl. Kap. 4), d.h. eine disziplinenübergreifende Form wissenschaftlichen Arbeitens, die sich an einem Ausgangsproblem mit disziplinen- und auch wissenschaftsexternem Ursprung ausrichtet. Die eingesetzten Methoden entstammen ganz unterschiedlichen Disziplinen. Die Herausforderung lag zu einem wesentlichen Teil darin, als *Einzelperson* mit einem transdisziplinären Projekt eine disziplinenübergreifende Arbeitsweise zu erproben und den damit verbundenen Unsicherheiten außerhalb der vertrauten disziplinären Orientierungen standzuhalten.

Zum Gelingen der Arbeit haben viele Menschen beigetragen, denen der Autor sehr zu Dank verpflichtet ist. Namentlich seien hier lediglich die drei Betreuer der Arbeit, Prof. Dr. Ortwin Renn, Prof. Dr. Klaus C. Ewald und Prof. Dr. Ulrich Müller-Herold, sowie Dr. Martin Scheringer, Frau lic. phil. Anna-Katharina Pantli, Prof. Dr. Peter Baccini und Prof. Franz Oswald, Dr. Daniel Müller, Frau Jasmin Blanc, Dr. Marco Berg, Prof. Hans Primas, Dr. Pitt Funck, Herr Johannes Reidel, Dr. Uwe Pfenning,

Prof. Dr. Christoph Borchardt, Prof. Dr. Arnim von Gleich und Dr. Michael Zwick. Die Erstellung der Langfassung wurde von der Studienstiftung des deutschen Volkes und der ETH Zürich finanziell gefördert.

Herzlich gedankt sei außerdem den Expertinnen und Experten, die in mehrstündigen qualitativen Interviews über die Folgen der Landschaftszerschneidung und die Bewertung landschaftszerschneidender Eingriffe befragt wurden. Ihre Aussagen sind eine wesentliche Grundlage dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Summary	2
1 Problemstellung	4
1.1 Zunehmende Landschaftszerschneidung.....	4
1.2 Bedarf nach Bewertungsverfahren	8
1.3 Steigender Problemdruck	12
1.4 Forschungsfragen	17
1.5 Zum Vorgehen und zur Methodenwahl.....	18
 <i>Teil I: Theoretische Grundlagen: Konzepte und Begriffe</i>	
2 Die Bewertungsproblematik und das Konzept der Umweltgefährdung.....	22
3 Umweltgefährdung durch Landschaftszerschneidung.....	29
4 Zerlegung der transdisziplinären Problemstellung	34
 <i>Teil II: Theoretische Grundlagen: mathematisch-technischer Teil (Zerschneidungsmaße)</i>	
5 Quantifizierung der Landschaftszerschneidung.....	37
6 Neue Zerschneidungsmaße: Zerteilungsgrad, Zerstückelungsindex und effektive Maschengröße	42
6.1 Definitionen.....	44
6.1.1 Kohärenzgrad C	45
6.1.2 Zerteilungsgrad D	47
6.1.3 Zerstückelungsindex (effektive Maschenzahl) S	48
6.1.4 Effektive Maschengröße m_{eff}	49

6.1.5 Zerstückelungsdichte (effektive Maschendichte) s	50
6.1.6 Netzprodukt N	51
6.1.7 Zusammenhang zwischen den neuen Zerschneidungsmaßen.....	52
6.2 Mathematische Eigenschaften	52
6.3 Vergleich der Zerschneidungsmaße und Bezug zum Gefährdungskonzept..	55
6.4 Anwendungsbereiche der topologiesensitiven Maße	58
7 Anwendung der neuen Zerschneidungsmaße auf die beiden Untersuchungsgebiete.....	60
 <i>Teil III: Wahrnehmung und Beurteilung der Landschaftszerschneidung und ihrer Folgeprobleme</i>	
8 Vorgehen bei der Durchführung der Befragung	66
9 Ergebnisse aus der Befragung	69
10 Zusammenfassende Diskussion der Befragungsergebnisse	69
10.1 Zum Verständnis des Begriffes der "Landschaftszerschneidung"	70
10.2 Zu Erheblichkeitskriterien für landschaftszerschneidende Eingriffe	79
10.3 Zur Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken.....	85
10.4 Zum Umgang mit Ungewissheit.....	89
10.5 Zur Möglichkeit von Zielvorgaben.....	100
 <i>Synthesekapitel: Integration der Ergebnisse zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen</i>	
11 Erste Antworten auf die Forschungsfragen	105
11.1 Integration der Beiträge aus den Teilen I-III zum Problemverständnis	106
11.1.1 Die Analyse der Problemstellung "fortschreitende Landschaftszerschneidung"	106

11.1.2 . . . führt auf die Komponenten und den Zusammenhang eines “Zerschneidungszirkels”	112
11.2 (Über-)Komplexität, Handhabbarkeit und Immunisierung	118
11.3 Verständnis des Begriffes der “Landschaftszerschneidung” (Leitfr. 1)....	121
11.4 Erheblichkeitskriterien (Leitfrage 2)	124
11.5 Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken (Leitfrage 3)	130
11.6 Umgang mit Ungewissheit (Leitfrage 4)	134
11.7 Zielvorgaben (Leitfrage 5).....	136
11.8 Überwindung des “Zerschneidungszirkels” durch das Konzept der Umweltgefährdung?	141
11.9 Zur Entwicklung von normativ relevanten Indikatoren für strukturelle Landschaftsveränderungen	143
11.10 Fazit und Ausblick.....	147
Literaturverzeichnis	153

Zusammenfassung

Die ökologische Forschung hat in den letzten zwanzig Jahren eine große Zahl von Auswirkungen der Landschaftszerschneidung wissenschaftlich belegt. Betroffen sind insbesondere Tierpopulationen, so dass die Zerschneidung von Landschaften heute als eine der wichtigsten Ursachen des Artenverlustes gilt.

Der Problemzusammenhang der Landschaftszerschneidung führt hin zu einer transdisziplinäre Fragestellung: *Wie lassen sich strukturelle Landschaftsveränderungen hinsichtlich ihrer Verträglichkeit mit ethischen Prinzipien und mit den Wertvorstellungen der von den Folgen betroffenen Menschen bewerten? Unter welchen Bedingungen lassen sie sich verantworten?*

Die Arbeit ist in drei Teile gegliedert, in denen sehr verschiedene Methoden aus unterschiedlichen Disziplinen eingesetzt werden: Die Methoden im Teil I (Übertragung des Konzeptes der Umweltgefährdung aus der Umweltchemie) sind argumentativ-konzeptuell, in Teil II (Entwicklung von Zerschneidungsmaßen) mathematisch-naturwissenschaftlich und in Teil III (Durchführung von Interviews und inhaltsanalytische Auswertung) sozialwissenschaftlich. Die Ergebnisse aus den drei Teilen werden über die folgenden fünf Leitfragen miteinander integriert:

- *Begriffsverständnis*: Worin besteht "Landschaftszerschneidung", und auf welche Weise kann das Ausmaß der Zerschneidung beschrieben werden?
- *Erheblichkeitskriterien*: Wie kann die Erheblichkeit von landschaftszerschneidenden Eingriffen und von verschiedenen Zerschneidungsmustern beurteilt werden?
- *Verantwortbarkeit*: Welche Bedingungen müssen dafür erfüllt sein, dass landschaftszerschneidende Eingriffe und ihre Folgen verantwortbar sein können?
- *Umgang mit Ungewissheit*: Welche Konsequenzen für das Bewertungskonzept sind aus der Überkomplexität der landschaftlichen Wirkungszusammenhänge und den Prognoseschwierigkeiten zu ziehen?
- *Zielvorgaben*: Wie lassen sich überprüfbare Entwicklungsziele für die Landschaftszerschneidung formulieren und operationalisieren?

Jeder der drei Teile liefert einen spezifischen Beitrag zur Beantwortung dieser Leitfragen.

Summary

During the last 20 years, ecological research on landscape fragmentation due to traffic lines and settlement areas has revealed a huge number of effects, in particular on animal populations. Today, it is seen as a major reason for the extinction of species in many industrialized regions of Central Europe. Since 1985, several political declarations have demanded a turnaround in the progressive spoliation of the country-side. The trend of an increasing landscape fragmentation, however, has continued the same as before which calls for more efficient measures. The issue of landscape fragmentation includes ecological processes, perceptions of the effects in the society, economic land-use interests, and ethical principles. The interconnections induce the formulation of the transdisciplinary research question of this study: *"How can structural landscape alterations be evaluated in respect of ethical principles and in respect of the values of the persons concerned by the effects or involved in the decision-making process? On which conditions can they be answered for?"*

This study is structured in three parts the results of which are integrated by use of five guiding questions:

- What is "landscape fragmentation", and by which criteria and metrics can the degree of fragmentation be described?
- By which criteria can the impact of fragmenting intrusions and of different fragmenting patterns be assessed?
- Which conditions have to be met so that fragmenting intrusions and their effects can be answered for?
- Which consequences do the overcomplexity of ecological interactions and the difficulties in predicting ecological effects have in regard of the evaluation concept?
- How can verifiable aims for the future dimension of landscape fragmentation be developed and achieved?

Methods from different disciplines are applied: The methods of part I (transfer of the concept of environmental threat from environmental chemistry) are conceptual und reasoning, those of part II (construction of fragmentation metrics) are due to the natural sciences, and those of part III (expert interviews and contents-analytical evaluation) due to the social sciences.

Part I presents an overview of the effects of landscape fragmentation, details the *concept of environmental threat*, and introduces the notions for describing the phases of landscape fragmentation (perforation, incision, dissection, etc.).

Part II discusses the existing quantitative measures of landscape fragmentation and introduces the new measures *landscape division* D , *splitting index* S , and *effective mesh size* m_{eff} . The measures are compared systematically by means of nine suitability criteria. The new measures are applied to two regions of investigation in Switzerland and in Germany.

Part III investigates the patterns of perception and valuation held by the participants of the decision-making process by means of qualitative interviews with experts from traffic planning, nature protection, and landscape planning. The results lead to a picture of the decision-making process. It is the reality of the participants' perspectives that determines the decisions on future landscape intrusions—not an "objective" reality that would be revealed by a detached observer.

The resulting picture is a "circle of immunization" which stabilizes the process of increasing landscape fragmentation by leaving uncertainties that cannot be handled routinely in the environmental compatibility studies—such as effects on genetic exchange or cumulative effects—out of consideration. Therefore, these uncertainties do not retard the process of landscape fragmentation. In addition, there is no commitment for subsequently discovered ecological damages such as the loss of a species as an effect of a road construction.

As a consequence of ecological *overcomplexity* and the resulting "*Tantalus problems*", the concept of environmental threat proposes to refer to appropriate characteristics of the intrusions themselves—such as *persistence* and *spatial range* of environmental chemicals—instead of more or less unknown effects. The interviewees recommend corresponding criteria for assessing landscape intrusions—geometric-structural ones as well as functional ones such as the *degree of landscape fragmentation* and the *reduction of landscape connectivity*. The new quantitative measures D , S , and m_{eff} can be put into practice for balancing new landscape-dissecting intrusions and removal of dissecting lines in regard of the degree of landscape fragmentation—particularly in environmental compatibility studies on the level of regional planning and in the provision of landscape objectives.

1 Problemstellung

1.1 Zunehmende Landschaftszerschneidung

Bereits 1956 beschreibt O. Beck den Konflikt zwischen der Erholungsnutzung und der Verkehrszunahme in bevorzugten Wandergebieten der Schwäbischen Alb. Als Konfliktpunkte nennt der Oberregierungs- und Baurat die Lärmbelästigung, die Unfallgefahr für die Wandernden und die Schädigung von Boden und Vegetation durch das Befahren. Auf Drängen der Wandervereine löst das Regierungspräsidium Nordwürttemberg den Konflikt, indem es solche Gebiete als "Oasen der Ruhe" ausweist und – soweit möglich – für den Kraftfahrzeugverkehr völlig bzw. an Sonn- und Feiertagen sperrt (O. Beck 1956, Buchwald 1956).

Mit der Ausdehnung des Verkehrsnetzes und der Siedlungsflächen (einschließlich der Gewerbegebiete) in den folgenden Jahrzehnten werden neben den wirtschaftlichen Vorteilen auch immer mehr nachteilige Effekte der durchgeführten Landschaftseingriffe sichtbar. Seit inzwischen mehr als zwanzig Jahren sind Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung in Wissenschaft und Politik als ernstzunehmendes Umweltproblem erkannt.¹ In den siebziger Jahren steigt die Zahl der Veröffentlichungen zum Thema Landschaftsverbrauch und -zerschneidung deutlich an.² Standen zunächst nur die Wirkungen der Verkehrszunahme auf die Erholungsnutzung im Vordergrund, so werden mit der Zeit immer mehr Nutzungskonflikte und ökologische Belange thematisiert. Eichhorst und German (1974) beispielsweise betonen außer den negativen Folgen der Zerschneidung für die Erholung auch die Tierverluste durch die Kollision mit Fahrzeugen, die Ausbreitung von Schadstoffen, die Schädigung der Geomorphologie sowie die Wirkung von Straßen als "Infektionskanal". Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung werden seit den siebziger Jahren zunehmend als flächendeckendes Problem angesprochen.

¹ Vgl. hierzu z.B. das erste Umweltgutachten des deutschen Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU 1974: 124–142 Tz 446–518).

² Beispiele sind Eichhorst und German (1974), Schönamsgruber (1974), Oxley et al. (1974), Fritz (1976), Institut für Naturschutz und Tierökologie der BFANL (1977), Winkelbrandt (1977), Ewald (1978), Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen e.V. (1978), Mader (1979), Reichelt (1979), Lassen (1979); vgl. auch die Literaturdokumentationen zum Thema "Landschaftsverbrauch" durch das Informationszentrum RAUM und BAU der Fraunhofer-Gesellschaft 1987, 1993 und 1997.

1985 schließlich fordert die deutsche Bundesregierung in ihrer Bodenschutzkonzeption als "zentralen Handlungsansatz" eine "Trendwende im Landverbrauch"³ und führt dazu aus: "Dies schließt ein: (...) Noch vorhandene natürliche und naturnah genutzte Flächen sind grundsätzlich zu sichern. Vor weiteren Baulandausweisungen und Erschließungsmaßnahmen sind die innergemeindliche Bestandserhaltung und -erneuerung, flächensparendes Bauen und der Ausbau vorhandener Verkehrswege zu fördern. Eine flächenschonende Zuordnung der Bodennutzungen muss Inanspruchnahme und Belastungen des Bodens gering halten; dazu sind bei allen planerischen Abwägungsprozessen ökologische Anforderungen stärker zu gewichten" (Bundesminister des Innern 1985: 23 u. 118). Als Maßnahmen sieht die Bodenschutzkonzeption u.a. vor:

- "Reduzierung des Verkehrsflächenbedarfs im städtischen Umland durch *Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft* sowie durch Erhöhung der Wohnqualität in den Städten" (S. 96 u. 130),
- "*Einschränkung der Zerschneidungs- und Trennwirkung* linienförmiger Infrastrukturmaßnahmen" (S. 98 u. 132),
- "*möglichst weitgehende Sicherung* freier Landschaften, d.h. Landschaften mit naturnahen Bodennutzungen *vor weiteren Zerschneidungen* durch Verkehrswege und Leitungssysteme sowie vor Bebauung *zu bewahren*; besondere Sicherung von Landschaften mit sehr empfindlichem Landschaftsbild vor der Inanspruchnahme durch landschaftsverändernde Bodennutzungen" (S. 108 u. 136; Hervorhebungen JJ).

³ In ähnlicher Weise beschließt auch die gemeinsame Konferenz der Umwelt-, Verkehrs- und Raumordnungsminister der Länder und des Bundes im Februar 1992 eine "grundsätzliche Trendänderung der Verkehrspolitik" mit dem Ziel einer Reduktion der verkehrsbedingten Umweltbelastungen und einer Verlagerung vom Straßenverkehr zu umweltverträglicheren Verkehrsträgern ("Nettetalter Beschlüsse"; Umweltbundesamt 1997: 143). Die Arbeitsgruppe 'Umwelt und Verkehr' spricht sich bereits 1991 für die Handlungsempfehlung "keine weitere Zerschneidung von Naturräumen" aus (Umweltbundesamt 1997: 134). Dieser Vorschlag wurde von der Umweltministerkonferenz zwar nicht in dieser Form übernommen, er ist jedoch zum großen Teil in den Formulierungen "Erhaltung großer unzerschnittener und verkehrsarmer Räume" und "Freihaltung von wertvollen Landschaftsräumen von überörtlichen Verkehrswegen" im Handlungskonzept "Naturschutz und Verkehr" enthalten, welches von der 39. Umweltministerkonferenz im November 1992 als Grundlage beschlossen wurde, "um hieraus gemeinsame Initiativen in Gesprächen mit den Raumordnungs- und Verkehrsministern zu entwickeln" (LANA 1995).

Im Dezember 1995 stellt die 45. Umweltministerkonferenz (UMK) fest, dass die "geforderte grundsätzliche Trendänderung der Verkehrspolitik bisher nicht erkennbar" ist, und "dass, entgegen den Zielsetzungen der Nettetaler Feststellungen und Beschlüsse 1. der Straßenverkehr weiterhin wächst und der öffentliche Verkehr insgesamt keine Marktanteile gewonnen und sogar weiter verloren hat, insbesondere im Güterverkehr, (...) 3. die Schere zwischen den variablen Preisen des Straßenverkehrs (Kraftstoffpreise) und den Tarifen des öffentlichen Verkehrs (ÖV) zu Lasten des ÖV weiter auseinander geht." (Umweltbundesamt 1997: 241f).

Einen weiteren Vorstoß, das Problembewusstsein zu stärken und Gegenmaßnahmen einzuleiten, unternimmt 1997 die Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages. Sie betont erneut die Notwendigkeit einer flächensparenden Siedlungsentwicklung. Für das Bedürfnisfeld "Bauen und Wohnen" formuliert sie das Umwelthandlungsziel einer "Entkoppelung des Flächenverbrauchs von Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum". Als quantitative Zielvorgabe schlägt sie die Verringerung der Flächeninanspruchnahme bis zum Jahr 2010 auf 10% der Rate, die für die Jahre 1993 bis 1995 festgestellt wurde, vor. Langfristig solle "die Umwandlung von unbebauten Flächen in bebaute durch gleichzeitige Erneuerung (Entsiegelung u.a.) vollständig kompensiert werden" (Deutscher Bundestag 1997: 55).

Trotz dieser und weiterer Forderungen und Beschlüsse steigen Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung unvermindert weiter an.⁴ Ähnlich wie für die eingeforderte "Trendwende im Landverbrauch" zeigt sich für die Forderung nach der "Erhaltung großer unzerschnittener und verkehrsarmer Räume" in Landesentwicklungsplänen sowie im Handlungskonzept "Naturschutz und Verkehr" der Umweltministerkonferenz von 1992 (LANA 1995: 4, vgl. auch SRU 1994: 274 Tz 758): Über die bloße Absichtserklärung hinaus haben solche Appelle offensichtlich bisher keine Wirkung auf den Trend entfaltet. Möglicherweise wäre die bisherige Entwicklung *ohne* diese Erklärungen noch ungehemmter und rascher verlaufen – ganz deutlich aber ist, dass die geforderten Ziele verfehlt worden sind, und die derzeitige Entwicklung legt nahe, dass dies auch zukünftig so sein wird. Nach wie vor zeigen die Prognosen weiterhin deutliche Siedlungs- und Verkehrsflächenzuwächse an (BfLR 1996). Weder in der Frage des Ausmaßes der Siedlungs- und Verkehrsflächenzunahme noch in der Frage der Verteilung der neu in Anspruch genommenen Flächen im Raum (dispers oder entlang von Achsen verdichtet) sind Trendänderungen zu erwarten: "Die Veränderungen von Technologie und Infrastruktur werden den Mobilitätswünschen künftig noch mehr Raum verschaffen. Eine Trendwende von der sich bislang dispers entwickelnden Siedlungs-

⁴ Vgl. die "Bilanzstudie Bodenpolitik" (Knoepfel et al. 1996) für die Schweiz. Für Deutschland vgl. die Zwischenbilanz acht Jahre nach der Verabschiedung der Bodenschutzkonzeption im Themenheft "Flächen sparen und Boden schonen" der Informationen zur Raumentwicklung (1993, Nr. 1/2) sowie die Ergebnisse der Flächenerhebung 1997 (Statistisches Bundesamt 1998b). Innerhalb dieser Entwicklung lassen sich rückblickend unterschiedliche Phasen erkennen, vgl. für Deutschland z.B. den Baulandbericht von 1993: "Im Vergleich zum Zeitraum 1981 bis 1985 mit täglich 114 ha fiel allerdings die Flächeninanspruchnahme für Siedlungszwecke im Zeitraum 1985 bis 1989, also in der 2. Hälfte der 80er Jahre, mit täglich 87 ha deutlich geringer aus. (...) Die regionale Siedlungsdynamik, d.h. der Prozess der Flächenneuanspruchnahme für Siedlungszwecke, hat nach einer Abschwächung in der 2. Hälfte der 80er Jahre in jüngster Zeit wieder erheblich zugenommen." (Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau 1993: 1 u. 6). Der Trend ist in der Schweiz und in Deutschland – trotz mancher Unterschiede – ähnlich, vgl. Häberli (1992) sowie Weiss (1981, 1987). Zur Entwicklung in Österreich vgl. z.B. Österreichisches Institut für Raumplanung ÖIR (1996), Schremmer und Winkler (1993.)

struktur in Richtung auf punktaxiale Verdichtungen mit bündelungsfähigen Verkehren ist bislang nicht in Sicht. Auch der Staat macht wenig Anstalten, in die Marktdynamik des Verkehrs einzugreifen und über Restriktionen oder preispolitische Maßnahmen eine Trendumkehr einzuleiten." (BfLR 1993: 1).⁵

Diese Diskrepanz zwischen den Erklärungen von offiziellen Gremien wie der Umweltministerkonferenz, dem Bundeskabinett oder der Enquête-Kommission und der tatsächlichen Entwicklung ist kennzeichnend für die heutige Situation. Das Muster, dass Zielforderungen, Handlungskonzepte und Maßnahmenkataloge verabschiedet werden und einige Jahre später die Erfolglosigkeit der Anstrengungen konstatiert wird, lässt sich wiederholt finden.

Es fällt auf, dass die aktuellen Maßnahmenvorschläge inhaltlich kaum neu sind. Vor allem werden die Daten in aktualisierter Form vorgelegt (Trenddokumentation) und mit Bedauern kommentiert, aber sehr viel mehr scheint nicht zu passieren. Änderungen sind nicht in Sicht, ebensowenig grundlegend neue Maßnahmen, sondern der Konflikt verdichtet sich: Die Folgen der bisherigen Entwicklung sind feststellbar und führen zur Verstärkung der Warnungen vor Fortsetzung und der altbekannten Forderungen; gleichzeitig wird der Nutzungsdruck immer stärker (Stichwort "Beschleunigungsgesetze" für die Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren, vgl. z.B. SRU 1996a: 68ff Tz 74 ff), so dass in der Summe ein kontinuierliches Zurückdrängen des Umweltzieles resultiert.⁶

Angesichts dieser Entwicklung stellt sich die Frage, welche langfristigen Folgen eintreten und ob die Entwicklung in Anbetracht dieser Folgen sowie der Ziele, denen die Verkehrszunahme dient, kollektiv *wünschenswert* und *rational begründet* ist und inwieweit sie *verantwortbar* ist bzw. verantwortet wird.⁷ Mit Bezug auf die Entwicklung in der Schweiz konstatiert K. Ewald (1997: 262): "Das ist für mich als Vertreter der Naturschutzforschung der springende Punkt, eben den Elfenbeinturm zu verlassen, um festzustellen – auch in der Öffentlichkeit – dass die Gesetze nicht vollzogen werden, dass niemand, auch wirklich niemand die Verantwortung für Natur und Landschaft übernimmt und auch trägt." Die Situation in Deutschland ist, wie auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit belegen, nicht viel anders, insbesondere wird hier darauf hin-

⁵ Vgl. auch Michael (1992).

⁶ Vgl. z.B. SRU (1998: 170 Tz 395): "Der Naturschutz bleibt damit im Gegensatz zu anderen Teilbereichen der Umweltpolitik weiterhin ein Politikfeld, dessen Anforderungen regelmäßig durch eine Abwägung mit anderen Belangen überwunden werden können." Ähnlich konstatiert der SRU in der Raumplanung eine einseitige Bevorzugung wirtschaftlicher Belange gegenüber ökologischen Belangen (SRU 1996b: 37 Tz 50).

⁷ Zur ethischen Dimension des Bodenschutzes vgl. z.B. die schweizerische Untersuchung "Ethik und Boden" aus dem Nationalen Forschungsprogramm "Boden" (NFP 22) (Ruh et al. 1990).

gewiesen, dass gesetzliche Forderung (Bundesnaturschutzgesetz u.a.) und Realität auseinanderfallen.⁸

Die geforderte Trendänderung scheint nur dann möglich zu sein, wenn die treibenden Kräfte nachlassen (verringerte Finanzierungsquellen, sinkendes Verkehrsaufkommen) oder vergleichbar starke und durchsetzungsfähige Gegenkräfte bestehen (veränderte Verkehrspolitik, wirksamer Schutz von unzerschnittenen Gebieten, Straßenrückbau etc.). Dabei stellt die Verhinderung und der Rückbau von Verkehrslinien oder "Industriebrachen" keinen Selbstzweck dar (ebensowenig wie der Bau von Verkehrsstrecken Selbstzweck ist), sondern es geht um die "Sicherung" und Gewichtung der dahinterstehenden (und in ihrer Umsetzung konfligierenden) Ziele. Ihre Umsetzung erfordert eine Bewertung der Handlungsoptionen und die Abwägung zwischen verschiedenen Zielen, und dies umso mehr, wie sich die Konflikte verdichten und die Ziele sich als unvereinbar erweisen.

1.2 Bedarf nach Bewertungsverfahren

Um über den Bau von linienhaften Infrastrukturanlagen zu entscheiden, müssen die vielfältigen Konsequenzen, die diese Eingriffe für die Landschaft mit sich bringen, abgewogen werden gegenüber dem erwarteten Nutzen, aber auch gegenüber ethischen Forderungen – wie z.B. der Verteilungsgerechtigkeit bezüglich Nutzen und Belastungen – und gegenüber den Wertvorstellungen der Menschen, die von den Folgen betroffen sind bzw. die aufgrund ihrer Werthaltung die Folgen für relevant einschätzen. Dazu ist es nötig, – als "Zwischenschritt" zwischen der Prognose der Eingriffsfolgen (sowie der Folgen des Unterlassens des Eingriffs) und der Abwägung zwischen den verschiedenen Handlungsoptionen – die Optionen zu *bewerten*. Wann liegt ein "Eingriff" vor? Wann kann ein Eingriff als "ausgeglichen" gelten (Bilanzierung der Eingriffsfolgen und Ausgleichsmaßnahmen)? Wie hoch ist die Ausgleichsabgabe zu bemessen? Zweck der Bewertung ist die Verbindung der Wert- und Zielebene mit der Sachebene. Die Bewertungskriterien müssen daher normativ relevant und sachlich richtig sein. Die anschließende Abwägung bestimmt vor allem das Verhältnis der Ziele zueinander und die Angemessenheit der Mittel. Die Bewertung einer Ist-Situation oder einer Entwicklungstendenz kann aber auch unabhängig von einer konkreten Entscheidung oder Planung sinnvoll sein; sie kann nachfolgend zum Anlass genommen werden, bestehendes Ver-

⁸ Vgl. z.B. Dierßen und Reck (1998), Gruehn (1998), Lambrecht (1998: 171ff), Schomerus (1987; zitiert nach Plachter 1991: 390). Das Gesetz fordert den Schutz, die Pflege und die Entwicklung von Natur und Landschaft, so dass ihre Schönheit, Vielfalt und Eigenart sowie die Pflanzen und Tierwelt "nachhaltig gesichert" werden (§ 1 Bundesnaturschutzgesetz). Zur Frage nach Verantwortlichen vgl. auch Abschnitt 10.3.

halten zu ändern, sie kann neue Planungen anstoßen oder dazu dienen, sich der ablaufenden Entwicklungen überhaupt erst bewusst zu werden.

Das übliche Verständnis von "Bewertung" beinhaltet den Vergleich eines dokumentierten Zustandes mit einem Ziel- oder Sollzustand, der in der Regel als vorgegeben angenommen wird. Insbesondere beim Thema der Landschaftszerschneidung erfordern die bisherige Entwicklung und ihre Folgen sowie die Konflikte außer der Bewertung von Planungsentscheidungen anhand der gesellschaftlichen Ziele allerdings auch eine Überprüfung der *Ziele* selber.⁹ So wird von wissenschaftlicher Seite das raumordnerische Ziel, in allen Landesteilen gleichwertige Lebensbedingungen zu schaffen, zunehmend kritisch gesehen: Der Sachverständigenrat für Umweltfragen bezeichnet dieses Leitbild als "überholt" (SRU 1998: 127 Tz 258) und führt aus: "Von ihm gilt es Abschied zu nehmen, da es ökonomisch wie ökologisch bedenklich und unrealistisch ist" (SRU 1996b: 30 Tz 29). Diese Rückkoppelung von Bewertungsergebnissen und Zielvorgaben ist angesichts der derzeitigen Konfliktverdichtung eine wesentliche Aufgabe von Bewertungen. Beispielsweise könnte auf diesem Wege auch das Mobilitätsziel in Teilen infrage gestellt werden. Dazu wäre eine Rückkoppelung nötig an diejenigen, die Mobilität wünschen bzw. verursachen (z.B. Bewusstseinswandel durch Vermittlung des Folgenwissens und durch Internalisierung der Kosten von Grünbrücken und anderer Kompensationsmaßnahmen).

Diese an der Lebenswelt orientierte Problembeschreibung führt auf die allgemeine Fragestellung der vorliegenden Arbeit:

Wie lassen sich strukturelle Landschaftsveränderungen auf ihre Verträglichkeit mit ethischen Prinzipien und mit den Wertvorstellungen der von den Folgen betroffenen Menschen hin bewerten? Unter welchen Bedingungen lassen sie sich verantworten?

Bei der Problemstellung der Landschaftszerschneidung besteht somit eine enge Verschränkung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten, gesellschaftlicher Wahrnehmung, ökonomischen Nutzungsstrategien und ethischen Prinzipien (vgl. Neef 1979), die sich *nur teilweise getrennt abhandeln und verstehen lassen*. Für eine gemeinsame, disziplinenübergreifende – transdisziplinäre – Untersuchung fehlt es jedoch nach wie vor an Methoden.

Das Bewertungsproblem bei der Beurteilung des Landschaftswandels ist durch drei Hauptschwierigkeiten gekennzeichnet:

1. *Wirkungslosigkeit des Naturschutzes in der "Durchschnittslandschaft"*: Der wissenschaftliche Naturschutz hat zur Bewältigung von Bewertungsaufgaben bei der Ausweisung von Schutzgebieten eine Reihe von Kriterien wie Natürlichkeit, Seltenheit

⁹ Zur Rolle deskriptiv-analytischer Wissenschaft für die Eingrenzung von Zielkorridoren vgl. z.B. Höffe (1975: 297; zitiert nach Jakubowski et al. 1997: 73).

und Repräsentanz erarbeitet, um die Schutzbedürftigkeit von Arten und Biotopen zu beurteilen (vgl. Plachter 1992, 1994). Für *halbnatürliche, nutzungsabhängige Ökosysteme*, welche letztlich jene Landschaften prägen, die Naturschutz und Landschaftspflege erhalten wollen, fehlen flächige Schutzstrategien jedoch weitgehend (Plachter 1991: 180), denn die Kriterien und Bewertungsmethoden des Naturschutzes greifen in der „Durchschnitts-“ oder „Gebrauchslandschaft“ nicht: Natürlichkeit, Gefährdung gemäß der Roten Liste, Unersetzbarkeit, Vielfalt, Seltenheit und Repräsentanz sind hier nicht zutreffend oder aufgrund der bisherigen raumwirksamen Eingriffe bereits so weit herabgesetzt worden, dass das Ergebnis gemäß *diesen* Kriterien kaum noch als schützenswert erscheint. Um zu beurteilen, inwieweit die Nutzung einer „Gebrauchslandschaft“ beispielsweise dem Gebot der Nachhaltigkeit genügt, bedarf es daher anderer Kriterien.

2. *Wert- und Zielkonflikte*: Konflikte zwischen verschiedenen Raumnutzungsansprüchen und Prinzipienkonflikte auf der normativen Ebene lassen sich nicht in allgemeiner Form lösen (Höffe 1993: 271ff). So kann die Forderung nach ökologischer Nachhaltigkeit z.B. mit dem Ziel der Sozialverträglichkeit kollidieren (Renn 1995: 23f). Für eine sachgerechte, faire und nachvollziehbare Abwägung und Prioritätensetzung lassen sich Verfahrensregeln angeben – allerdings setzen die bestehenden Vorschläge oft viel mehr Wissen voraus, als in der Realität vorhanden ist bzw. mit vertretbarem Aufwand gewonnen werden kann (z.B. Summenwirkungen), siehe Punkt 3. Die Abwägung zwischen verschiedenartigen Teilzielen – nutzbringende

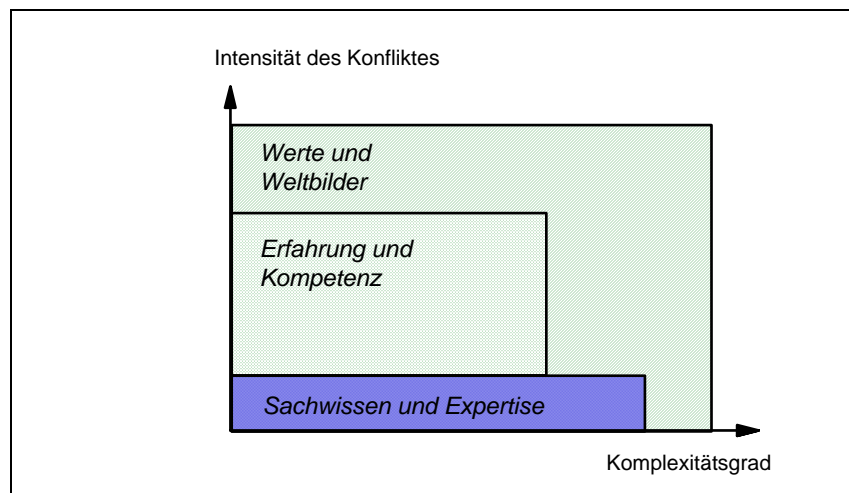


Abb. 1.1: Die drei Konfliktebenen in Umweltdebatten: In Abhängigkeit von der Problemkomplexität und der Konfliktintensität liegt der Schwerpunkt der Auseinandersetzung typischerweise auf einer anderen Konfliktebene (aus Renn 1996: 170). So kann ein Konflikt über Werte und Weltbilder grundsätzlich nicht durch "Versachlichung" in eine Streitfrage auf der Ebene von Sachwissen und Expertise transformiert und dann dort gelöst werden. (Für weitere Erläuterungen siehe Renn 1996.)

und nicht nutzbringende, kurzfristige und langfristige – und der Umgang mit Zielkonflikten bereitet oft große Probleme. Die Konflikte werden in der Lebenswelt meist erst auf der Maßnahmenebene sichtbar, wenn es um die Zuweisung von Finanzmitteln und anderen Ressourcen geht (als konkreter Ausdruck für die Gewichtung der Teilziele), sie sind jedoch oft durch tieferliegende Differenzen begründet (Abb. 1.1; Renn 1996: 170). Insbesondere unterschiedliche Naturbilder und unterschiedliche Vorstellungen über die Stellung des Menschen in der Natur führen zu teils heftigem Dissens. Kompromisse sind hier nur schwer möglich.

3. *Unvollständigkeit des Folgenwissens*: Aufgrund der unüberschaubaren Komplexität ökologischer Wechselbeziehungen (z.B. Berg und Scheringer 1994, SRU 1994: 74 Tz. 109ff) lassen sich die Folgen von Landschaftseingriffen prinzipiell nur unvollständig prognostizieren (insbes. Spätfolgen, Summenwirkungen). Die Prognoseunsicherheiten betreffen überwiegend die Umweltfolgen, nicht die Funktion und den Betrieb der technischen Anlagen selber. Dies erweist sich allerdings als ein Nachteil zulasten der Umwelt. Oftmals sind auch der Ist-Zustand (z.B. die Umweltfunktionen, vgl. SRU 1994: 74 Tz 107) und frühere Zustände der Landschaft nur lückenhaft ermittelbar. Die meisten Verfahren zur Eingriffsbewertung setzen jedoch dieses Folgenwissen voraus (z.B. die ökologische Risikoanalyse nach Bachfischer 1978). Wegen der Lückenhaftigkeit des Folgenwissens bekommen *Differenzen auf der Wert- und Weltbildebene* ein umso höheres Gewicht,¹⁰ und der *Umgang mit Ungewissheit* wird zu einem Schlüsselproblem in den angewandten Umweltwissenschaften.

Für das Thema Landschaftszerschneidung spitzt sich die Situation in besonderer Weise zu, da die Mobilität – im Sinne von räumlichen Transporten – ein wesentliches Mittel für viele Aktivitäten der Gesellschaft ist und für viele Akteure ein hoch bewertetes Ziel darstellt. Inwieweit aber werden die Folgen der Landschaftszerschneidung – als Folge der hohen Mobilität – auch rational bewertet und verantwortet? Konkretisierung und Zuordnung von Verantwortung ist generell umso schwieriger, je weiter die Folgen von menschlichen Handlungen über den zwischenmenschlichen Nahbereich hinausgehen (Jonas 1978, Höffe 1993: 181ff). Zudem ist die Frage nach der Verteilung von Nutzen und Schaden weiterer Erhöhung räumlicher Mobilität nicht leicht zu beantworten. Insbesondere führen manche Folgen hoher Mobilität – Zerteilung und Verlärmung von Erholungsgebieten oder sinkende Wohnqualität aufgrund hoher Pendlerströme – zu einem noch weiter erhöhten Mobilitätswunsch, so dass die Zurechnung von Verantwortlichkeiten durch Überlagerungen und Mehrdeutigkeiten erschwert wird.

¹⁰ Die Frage, wie mit nicht aufklärbaren Sachfragen umgegangen werden soll, ist selber keine reine Sachfrage, sondern bezieht die Wert- und Weltbildebene ein.

1.3 Steigender Problemdruck

Die Zerschneidung der Landschaft durch linienhafte technische Infrastrukturanlagen (Straßen, Bahnstrecken, Hochspannungsleitungen u.a.) hat sehr vielfältige Folgen: Sie wirkt auf die Tier- und Pflanzenwelt, sie weitet die Verlärmung aus, beeinflusst das Landschaftsbild und wirkt sich auf die Erholungsqualität einer Landschaft aus.¹¹ Beispielsweise führt die Barrierewirkung für Tiere, die sich am Boden fortbewegen und nicht fliegen können, dazu, dass benachbarte Populationen oder Teile einer Population voneinander isoliert werden. Damit erhöht sie die Aussterbewahrscheinlichkeit, da der Austausch zwischen den Populationen unterbunden wird und die isolierten Populationen empfindlicher werden für äußere Störungen, z.B. für extreme Witterungsverhältnisse. Außerdem unterbindet die Barrierewirkung die Möglichkeit der Wiederbesiedelung, wenn in einem Habitat eine Population erst einmal erloschen ist. Das heißt, die Zerschneidung unterbindet die *Metapopulationsdynamik* und verringert damit die Resilienz von Tierpopulationen.¹² Außer der Trennwirkung haben lineare Infrastrukturanlagen auch einen direkten Flächenbedarf, der für die Tier- und Pflanzenwelt oft einen totalen Habitatverlust oder Verlust von Teillebensräumen bedeutet.

Landschaftszerschneidung und Landschaftsverbrauch sind nicht als verschiedene Prozesse voneinander abzutrennen, vielmehr bezeichnet Zerschneidung einen bestimmten Aspekt des Landschaftsverbrauchs. Wesentliches Kennzeichen für die Landschaftszerschneidung ist die Trenn- oder Barrierewirkung für Tiere oder für Erholungssuchende oder auch die Wirkung als Quelle von Schall- oder Stoffemissionen von überwiegend linearen oder länglichen "Hindernissen". Gegenbegriff zur Landschaftszerschneidung ist daher das Zusammenhängen (oder die Verbundenheit oder Verknüpftheit) der als (Teil-)Habitate oder als Erholungsfläche geeigneten verbleibenden Flächen in einer Landschaft.

Dementsprechend lassen sich drei wesentliche Aspekte von Flächeninanspruchnahmen unterscheiden (vgl. auch Kap. 3):

- a) direkter Flächenbedarf (d.h. andere Nutzungen oder Funktionen sind gleichzeitig kaum noch möglich),

¹¹ Die Folgen der Landschaftszerschneidung lassen sich zu sieben Bereichen zusammenfassen: Flächenbelegung, Kleinklima, Immissionen, Wasserhaushalt, Flora/Fauna, Landschaftsbild, Folgen für die Landnutzung (vgl. Kap. 3).

¹² Der Begriff "Metapopulation" bezeichnet ein Ensemble von lokalen Populationen, die durch den Austausch von Individuen miteinander in Beziehung stehen, "a population of populations". Eine Metapopulation ist somit eine "Population auf höherer Ebene". (Hanski und Gilpin 1991: 7; lokale Populationen sind definiert als ein Ensemble von Individuen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit miteinander interagieren.)

- b) indirekter Flächenbedarf (in Überlagerung zu bestehenden Umweltfunktionen und Nutzungen),
- c) strukturelle Veränderungen (insbesondere auch Fragmentierung der Landschaft und Veränderungen von räumlichen Lagebeziehungen).

Die "strukturellen Veränderungen" (Punkt c) betreffen Veränderungen der *Struktur* der Landschaft – von der Größe und Anordnung der Nutzungseinheiten bis hin zur Vielfalt des Inventars der Landschaftselemente. Vor allem in diesem Bereich fehlen derzeit geeignete Methoden zur Beschreibung und Analyse der Veränderungen und ihrer Folgewirkungen.¹³ Um die Konsequenzen der Landschaftszerschneidung besser analysieren zu können, "empfiehlt der Umweltrat deshalb eine flächendeckende Ermittlung und Bewertung struktureller Veränderungen" (SRU 1994: 125 Tz 245). Der Umweltrat sieht Forschungsbedarf also bereits für die Erfassung der strukturellen Veränderungen und schlägt vor, an der Bodennutzungs- und Biotopkartierung anzuknüpfen: "So können Aussagen über den direkten Lebensraumverlust, z.B. anhand des Versiegelungsgrades, oder über die Isolierung von Biotopen, z.B. mit Hilfe des Zerschneidungsgrades oder des Anteils unzerschnittener Räume, gemacht werden. Entsprechende Indikatoren sollten entwickelt oder weiter verfeinert werden." (SRU 1994: 126 Tz 250).¹⁴ Die Anmeldung dieses Forschungsbedarfs illustriert, wie wenig insbesondere über die kumulativen Effekte struktureller Landschaftsveränderungen heute bekannt ist.

Während auf wissenschaftlicher Seite noch erhebliche Forschungsdefizite bestehen, steigt der Nutzungsdruck auf die Landschaft weiter an: Wachsender Siedlungsdruck, Erholungsdruck und Mobilitätsdruck lassen es fraglich erscheinen, ob die etablierten Regelungen diesem Andrang gewachsen sind. Immer wieder werden Zweifel am Erfolg des heutigen Regelungsnetzes geäußert: "So kann auf kommunaler Ebene z.B. der Wunsch nach einem höheren Steueraufkommen mit allgemein akzeptierten raumordnerischen Vorstellungen kollidieren, was dazu führen kann, dass dort die ökologische Komponente zu wenig berücksichtigt wird und im Verwaltungsdickicht *systematisch 'weggewägt' wird.*" (Deutscher Bundestag 1997: 292; Hervorhebung JJ).

Die gegenwärtige Dissonanz, dass der Anstieg der Landschaftszerschneidung immer weiter fortschreitet, obwohl diese Entwicklung als Problem erkannt ist und obwohl UVP

¹³ "Bisher liegt kein befriedigendes Konzept zur Indikation von strukturellen, die Arten- und Lebensraumvielfalt beeinträchtigenden Veränderungen der Landschaft vor." (SRU 1994: 19 Tz 42*)

¹⁴ Ähnlich äußern sich die Autorinnen und Autoren der "Wuppertal-Studie": "Für eine genauere Beschreibung der ökologischen Relevanz anthropogener Flächennutzung sollte neben dem Mengenmaß ein Strukturmaß entwickelt werden. So ist zum Beispiel für die Bedrohung der biologischen Vielfalt nicht nur die rein quantitative Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen, sondern auch ihr Verteilungsmuster von Bedeutung. (...) Eine Überprüfung und Erweiterung des Konzepts [der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UVR) größer als 100 km²] ist deshalb dringend erforderlich." (BUND / Misereor 1996: 48f).

und Eingriffsregelung etabliert sind, verschärft sich fortlaufend. Symptome dieser Verschärfung sind:

- *Weiterer Anstieg der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke:* "Die Nachfrage nach Bauland und damit die Flächenneuanspruchnahme für Siedlungszwecke nimmt stark zu, vor allem auch in mittelfristiger Perspektive. (...) Durch Beschränkung auf Innenentwicklung allein wird der absehbare Flächenbedarf für Siedlungszwecke künftig in vielen Regionen nicht zu decken sein. (...) Der latente Konflikt zwischen der Ausweisung von Bauland auf der einen Seite sowie Natur- und Bodenschutzanforderungen auf der anderen Seite wird sich bei der Bewältigung der Herausforderung eines wachsenden Siedlungsflächenbedarfs in den 90er Jahren noch verstärken." (Baulandbericht 1993: XVI u. XXVII). Dieser Anstieg äußert sich u.a auch in der Zunahme der Wohnfläche pro Kopf und der Siedlungsfläche pro Kopf,¹⁵ er kann daher nur partiell mit einem Anstieg der Bevölkerung in Verbindung gebracht werden.
- *Zunahme der Nutzungskonflikte (einschließlich der Konflikte zwischen Nutzungsansprüchen und Zielen des Natur- und Umweltschutzes):* Diese Konflikte liegen zunehmend auf höherer Konfliktebene (vgl. Abb. 1.1), d.h. sie werden heftiger und die konfligierenden Standpunkte unvereinbarer.¹⁶
- *Fortsetzung der bisherigen Verkehrspolitik zugunsten der Straße* und Wirkungslosigkeit der bisherigen Ankündigungen von Trendänderungen in der Verkehrspolitik, z.B. durch die Umweltministerkonferenz.
- *Überlagerung des Zieles ökologischer Nachhaltigkeit durch andere Ziele:* Der Verlauf der Diskussion um die Nachhaltigkeit zeigt, dass zwar weitgehend Konsens darüber besteht, dass die langfristige Erhaltung und der Schutz der Umwelt – insbesondere auch der Biodiversität – im Prinzip ein wichtiges gesellschaftliches Ziel darstellt, gleichzeitig aber der Rang dieses Zieles gegenüber anderen konfligierenden Zielen doch sehr unterschiedlich gesehen wird. Ein Grund hierfür ist für Deutschland insbesondere die Wiedervereinigung und der "nachholende" Infrastrukturausbau in den östlichen Bundesländern im Projekt "deutsche Einheit". Außerdem ist eine signifikante Abschwächung der "Umweltlobby" zu verzeichnen (vgl. SRU 1994: 178 Tz 448).
- *Flächendeckender Charakter* des Problems der Landschaftszerschneidung und ihrer Folgen, insbesondere Verschwinden von Rückzugsräumen und großflächigen Erholungsgebieten und zunehmende Isolation der verbleibenden Habitate.

¹⁵ Vgl. Baulandbericht (1993: 214), BUND/Misereor (1996: 112).

¹⁶ Auf eine Zunahme von Nutzungskonflikten weist auch das Eckpunktepapier der Ad-hoc-Arbeitsgruppe "Überprüfung des Raumordnungsrechts" der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) hin (Eckpunktepapier 1995), vgl. auch SRU (1996b: 30 Tz 27).

- *Selbstverstärkungseffekte*: Als Folge der Erschließung gelangt mehr Verkehr in die erschlossenen Gebiete. Zudem besteht ein verkehrsinduzierender Effekt des Verlustes von Erholungsgebieten. Somit wird der Verkehr selbst Ursache für weiteren Verkehr. In ähnlicher Weise wird verlorengegangene Naturnähe Ursache für weiteren Verlust an Naturnähe, da die Landschaft immer weniger als schutzwürdig erscheint, insbesondere in der "Durchschnittslandschaft" oder "Gebrauchslandschaft"¹⁷. In der Folge erhöht sich der Erholungsdruck auf die noch verbleibenden unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UVR).
- *Verknappung der Flächen für geeignete Ausgleichsmaßnahmen*: In vielen Verdichtungsräumen wurde es in den letzten Jahren immer schwieriger, adäquate Flächen für den eingriffsgebundenen Ausgleich zu finden. Zwar ermöglicht die Novellierung des Baugesetzbuches (BauGB) durch das Bau- und Raumordnungsgesetz 1998 (BauROG) nun eine räumliche und zeitliche Entkoppelung des Eingriffsausgleichs von der konkreten Planung,¹⁸ doch ändert dies nichts an der Situation mangelnder aufwertbarer Flächen in den verdichteten Gebieten. Vielmehr verliert die Eingriffsregelung dadurch "ihre die Ausweisung von Bauland limitierende Funktion" (SRU 1998: 171 Tz 397). Das neue Baugesetzbuch hat zur Folge, dass der Naturschutz im Gegensatz zu anderen Teilbereichen der Umweltpolitik weiterhin ein Politikfeld bleibt, "dessen Anforderungen regelmäßig durch eine Abwägung mit anderen Belangen überwunden werden können" (SRU 1998 170 Tz 395).
- *kumulativer Charakter der Umweltveränderungen*: Der kumulative Charakter insbesondere der Landschaftszerschneidung macht es sehr schwierig, den Beitrag einzelner Eingriffe – und damit ihre Erheblichkeit – zu bestimmen.¹⁹ Dies führt zu der *Illusion der Folgenlosigkeit marginaler Eingriffe*. Umso mehr erscheint die Landschaftszerschneidung als eine Folge der Modernisierung und Industrialisierung überhaupt, ohne dass es Verantwortliche dafür gäbe.
- *"Hinterherhinken" der Folgen und ihrer Erkennung*: Viele ökologische Auswirkungen wie Extinktionsvorgänge kommen erst nach längerer Zeit zum Tragen, d.h. die Folgen der bisherigen Entwicklung werden erst in einigen Jahren eintreten. Reaktionen auf sichtbare Folgen sind oft erst dann möglich, wenn sie bereits unumkehrbar sind.
- *Nichtversicherbarkeit ökologischer Risiken*: Der Charakter von "ökologischen Risiken" und die teilweise großen Prognoseunsicherheiten führen dazu, dass die Frage, ob geplante Landschaftseingriffe wünschenswert und verantwortbar sind,

¹⁷ Gefordert wird dagegen – u.a. vom Umweltrat – ein "Naturschutz auf der gesamten, auch der genutzten Fläche" (SRU 1996a: 121 Tz 236), vgl. dazu auch SRU (1996b: 25f Tz 12).

¹⁸ gemäß § 1a Abs. 3 Baugesetzbuch.

¹⁹ Zu kumulativen Umweltbelastungen vgl. Bardecki (1990), Cocklin et al. (1992), Spaling and Smit (1993), Runge (1995), Siedentop (1999).

schwierig verlässlich zu beurteilen ist. Die potenziellen Folgeschäden lassen sich kaum monetär ausdrücken. Das hohe Maß der Unsicherheit zeigt sich darin, dass für "ökologische Risiken" kein Versicherungsschutz erhältlich ist (Helten 1991); auch bestehen keine Versicherungspflichten.

Dass die heutigen Trends eine tiefgreifende gesellschaftliche Problematik darstellen, wird seit kurzem auch auf hoher politischer Ebene formuliert:

"Die aktuelle Entwicklung ist vor allem durch eine intensive räumliche Ausdehnung der Siedlungsflächen in das nähere und weitere Umland der Agglomerationsräume gekennzeichnet. (...) Weitere Baulandausweisungen werden zu Lasten bestehender Freiflächen gehen ("Freifläche als Baulandreserve"). Deutschland droht damit eine schon ansatzweise erkennbare Zersiedelung mit erheblichen Qualitätsverlusten für Freizeit, Naturschutz und ggf. auch das Wohnen, verbunden mit stagnierenden oder noch steigenden Energie- und Baustoffverbräuchen auf hohem Niveau. Die Flächeninanspruchnahme muss als ein strukturelles gesellschaftliches Problem angesehen werden" (Deutscher Bundestag 1998: 264).

Beschönigende Umschreibungen des Baus von Infrastrukturanlagen als "landschaftsgemäß und umweltverträglich" (Verkehrsministerium Baden-Württemberg 1991: 2) können diese Konflikte zwar verharmlosen und verschleiern, aber nicht lösen. In unzähligen Darstellungen von deutschen Verkehrsministerien auf Landes- und Bundesebene sind allerdings Formulierungen enthalten, welche implizieren, es könne eine landschaftsgemäße Verlärmung, einen umweltschonenden Schadstoffeintrag und eine naturverträgliche Verkleinerung und Isolation von Lebensräumen geben.

Um Antworten auf diese Entwicklung und die Konfliktverdichtung zu finden, ist vielmehr ein Ausbau des methodischen Instrumentariums unabdingbar.²⁰ Angestoßen durch die Ausführungen des Umweltrates sollte der Ansatz von Grenzwerten für den Landschaftsverbrauch und die Landschaftszerschneidung geprüft werden: "Es sind Umweltqualitätsziele und Umweltqualitätsstandards zu entwickeln, die das jeweils naturräumlich gegebene spezifische Leistungsvermögen der Umwelt beachten. Neben den klassischen Emissions- und Immissionsstandards sind verstärkt Grenzen für Stoffeinträge festzulegen, die die Anreicherungszeit berücksichtigen, sowie *Grenzen für strukturelle Veränderungen der Landschaft im Zeitablauf*." (SRU 1994: 128 Tz 253, Hervorhebung JJ). Große Hoffnungen werden derzeit auf Leitbilder als "Gegenkonzepte" zu unerwünschten Trends gesetzt.²¹ Hierzu zählt W. Habers Ansatz der "differenzierten Landnutzung".²² Damit sie wirksam werden könnten, wäre es entschei-

²⁰ Vgl. auch SRU (1994: 19 Tz 42* u. 125f Tz 245ff).

²¹ Zum Begriff des Leitbildes vgl. z.B. Lehnies und Härtling (1997: 11ff).

²² vgl. z.B. SRU (1987: 159 Tz 487, 1996b: 26 Tz 14); für Quellenangaben zum Modell der "differenzierten Landnutzung" siehe Kapitel 2, S. 22, Fußnote 3, in der Langfassung.

dend, die Leitbilder und die Bewertungen nutzbar zu machen zur Umsetzung in den künftigen Entscheidungen und Planungen. Waterstraat et al. (1996) haben dazu die Anerkennung von unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen (UVR) als Schutzgut vorgeschlagen (vgl. auch Grau 1998: 431f). Wenn diese "Gegenkonzepte" fachgerecht ausgearbeitet und auch eingesetzt werden, könnten sie einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung der Frage liefern, *in welcher Form die bestehenden Konflikte ausgetragen werden können*.

1.4 Forschungsfragen

Das lebensweltliche Problem, welches der Themenstellung dieser Arbeit zugrunde liegt, besteht in der – trotz Raumplanung und Landschaftsplanung – nach wie vor unkontrolliert und unverantwortet erscheinenden Landschaftszerschneidung. Da diese Aufgabenstellung sehr umfangreich ist, muss sie, um im Rahmen eines Einpersonenprojektes überhaupt bearbeitet werden zu können, eingegrenzt werden. Hierzu dienen die folgenden Leitfragen, welche die Funktion von "roten Fäden" für die thematische Stringenz der Arbeit haben:

- (1) *Worin besteht "Landschaftszerschneidung", und auf welche Weise kann das Ausmaß der Zerschneidung beschrieben werden? (Begriffsverständnis und Kriterien für "Landschaftszerschneidung")*
- (2) *Wie kann die Erheblichkeit von landschaftszerschneidenden Eingriffen und von verschiedenen Zerschneidungsmustern beurteilt werden? (Erheblichkeitskriterien)*
- (3) *Welche Bedingungen müssen dafür erfüllt sein, dass landschaftszerschneidende Eingriffe und ihre Folgen verantwortbar sein können? (Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken)*
- (4) *Welche Konsequenzen für das Bewertungskonzept sind aus der hohen Komplexität der landschaftlichen Wirkungszusammenhänge und den Prognoseschwierigkeiten zu ziehen? (Umgang mit Ungewissheit)*
- (5) *Wie lassen sich überprüfbare Entwicklungsziele für die Landschaftszerschneidung formulieren und operationalisieren? (Zielvorgaben)*

Diese Forschungsfragen können in Form von Teilfragen weiter konkretisiert werden, z.B.:

zu (1): In welchem Verhältnis stehen "Landschaftszerschneidung" und flächenhafte Flächeninanspruchnahme zueinander?

zu (2): Wie können verschiedene Zerschneidungsmuster gemäß ihrer Erheblichkeit in eine Rangfolge gebracht werden? Wie kann eine Bilanzierung von Eingriffen

und Ausgleichsmaßnahmen bezüglich ihrer Zerschneidungswirkung vorgenommen werden? Wie erheblich beeinträchtigen landschaftszerschneidende Eingriffe die Erreichbarkeit von Habitaten? Mit welchen mathematischen Konzepten können normativ relevante Charakteristika von Landschaftseingriffen als Bewertungskriterien formal definiert und quantitativ operationalisiert werden? Welches Maß entspricht den vorhandenen Wertvorstellungen am ehesten bzw. hat aus welchen Gründen die größte normative Relevanz?

- zu (3): Entsprechend welchem Verständnis von Verantwortung und Vorsorge müssen landschaftsökologische Informationen erhoben werden? Wie können die Reichweite der Folgen von Landschaftseingriffen und das Ausmaß der verbleibenden Ungewissheit charakterisiert werden, um die Verantwortbarkeit der Eingriffe zu beurteilen? Welche Problemsicht (z.B. Stellenwert der Zerschneidung im Vergleich zu anderen Umweltthemen), welche Werte und Ziele der gesellschaftlichen Akteure können den Bewertungen zugrunde gelegt werden? Besteht ein Zusammenhang zwischen der Verantwortbarkeit eines Eingriffs und dem Unbekanntheitsgrad der damit verbundenen Risiken? Welche Konsequenzen ergeben sich für die Wahl von Indikatoren zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen?
- zu (4): Gibt es angesichts der komplexen Kausalitätsbeziehungen und der Prognose-schwierigkeiten Ansätze für eine vorverlagerte, weniger stark an den Auswirkungen orientierte Bewertung, um "noch unerkannte Risiken" mit zu berücksichtigen?
- zu (5): Wie ließe sich beispielsweise ein Grenzwert für die Landschaftszerschneidung formulieren?

Die fünf Leitfragen und die aus ihnen ableitbaren Teilfragen bestimmen die Relevanz der nachfolgenden Untersuchungen innerhalb der Arbeit. In den nachfolgenden Kapiteln werden erste Antworten hierauf erarbeitet, die in Kapitel 11 (Synthesekapitel) zusammenfassend wiedergegeben und miteinander verknüpft werden.

1.5 Zum Vorgehen und zur Methodenwahl

Die Problemstellung dieser Arbeit und die Forschungsfragen lassen sich nicht einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin zuordnen, sondern sie erfordern eine transdisziplinäre Bearbeitung. *Transdisziplinär* heißt wissenschaftliche Forschung, "die sich aus ihren fachlichen beziehungsweise disziplinären Grenzen löst, die ihre Probleme mit

Blick auf außerwissenschaftliche Entwicklungen disziplinenunabhängig definiert und disziplinenunabhängig löst" (Mittelstraß 1992: 250).²³

Ziele der Arbeit sind eine Definition des Problems der zunehmenden Landschaftszerschneidung und ihrer Auswirkungen als ein wissenschaftliches Problem, die Übertragung des Konzepts der "Umweltgefährdung"²⁴ auf strukturelle Landschaftsveränderungen (Teil I), eine Methode zur Erfassung und Bilanzierung der Zerschneidung und für ein Ranking von Zerschneidungssituationen nach ihrer Erheblichkeit (Teil II) sowie die Abstimmung möglicher Zerschneidungsindikatoren mit der Wahrnehmung und Bewertung durch beteiligte Akteure (Teil III). Um dieses Ziel zu bearbeiten, sind sehr verschiedenartige Methoden aus unterschiedlichen Disziplinen nötig: Die Methoden im Teil I (Konzeptübertragung) sind argumentativ-konzeptuell, in Teil II (Entwicklung von Indizes) naturwissenschaftlich, und in Teil III (Durchführung von Interviews und inhaltsanalytische Auswertung) sozialwissenschaftlich. Die Wahl und gegebenenfalls Kombination dieser Methoden richtet sich nach der Problemstellung und ihrer Zerlegung in Teilbereiche (zum transdisziplinären Ansatz der Arbeit siehe Kapitel 4).

Die Bearbeitung der Teilbereiche erfolgte nicht nacheinander, sondern abwechselnd, so dass Zwischenergebnisse aus einem Teilbereich die weitere Arbeit in den anderen Teilbereichen beeinflussen konnten. Nach der Art der eingesetzten Methoden ist die Arbeit in drei Teile untergliedert:

- I. Theoretische Grundlagen: Konzepte und Begriffe (Kapitel 1 bis 4)
 - Problemstellung, Bewertungsproblematik, Begriffsklärungen um das Konzept der Umweltgefährdung
 - Umweltgefährdung durch Landschaftszerschneidung
- II. Theoretische Grundlagen: technischer Teil (Kapitel 5 bis 7)
 - Vergleich bestehender Landschaftsindizes
 - Entwicklung neuer Zerschneidungsmaße
 - Anwendung auf die Untersuchungsgebiete
- III. Wahrnehmung und Bewertung der Zerschneidung (Kapitel 8 bis 10)
 - Entwicklung eines Leitfadens für qualitative Experteninterviews
 - Durchführung und Auswertung der Interviews
 - Konsequenzen für die Wahl von Bewertungskriterien

Synthesekapitel:

Integration der Ergebnisse zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen, Versuch einer ersten Beantwortung der Forschungsfragen (Kapitel 11).

²³ Genaueres hierzu in Kapitel 4.

²⁴ Zum Konzept der Umweltgefährdung vgl. Kapitel 2 sowie Scheringer et al. (1994), Scheringer und Berg (1994) und Scheringer (1999).

Leitfragen	Teile der Arbeit		
	Teil I (Konzept der Umweltgefährdung)	Teil II (Formulierung quantitativer Maße)	Teil III (qualitative Experteninterviews)
(1) <i>Begriffsverständnis und Kriterien für "Landschaftszerschneidung"</i>	Stand der Forschung hinsichtlich der Begriffsdefinition (in Kap. 3)	geometrisch-formale Definitionsansätze, Quantifizierung durch Indizes	Frage nach Aspekten von Landschaftszerschneidung, Diskussion von Beispielkonfigurationen
(2) <i>Erheblichkeitskriterien</i>	Grundlage zur Begründung der normativen Relevanz von Indikatoren (in Kap. 2)	Quantifizierung normativ relevanter Aspekte	Frage nach Kriterien, Einstufung von Beispielkonfigurationen, normativer Stellenwert des Zerschneidungsgrades
(3) <i>Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken</i>	Anregung zur Gefährdungsbegrenzung bei "Verantwortbarkeitslücken"	Eignung der Indizes zur Gefährdungsabschätzung	Umfang des Folgenwissens und der Unsicherheiten, Frage nach Lücken in der Verantwortungsübernahme
(4) <i>Umgang mit Ungewissheit</i>	Vorschläge zur Verlagerung der Bewertung	Eignung der Indizes zur Abschätzung des Ausmaßes der Ungewissheit	Frage nach dem Stellenwert von unsicheren und unbekanntem Risiken in der Entscheidungsfindung
(5) <i>Zielvorgaben</i>	Begründung vorsorgeorientierter Zielaussagen auf der Ebene der Konfiguration	Eignung der Indizes zur Formulierung eines Richt- oder Grenzwertes	Beurteilung des Grenzwertvorschlags, Frage nach Alternativen

Tab. 1.1: Übersicht zur inneren Struktur der Arbeit: Die fünf Leitfragen halten die durch die eingesetzten Methoden voneinander abgegrenzten Teile der Arbeit zusammen. Jeder Teil trägt zur Beantwortung von jeder Leitfrage einen spezifischen Anteil bei.

Die fünf Leitfragen ziehen sich durch alle drei Teile hindurch, an ihnen orientiert sich die Bearbeitung der Teilbereiche (Tab. 1.1). Dadurch bleibt der Bezug der Resultate eines Teilbereichs auf die anderen Teilbereiche und auf das Ausgangsproblem gewahrt.

Zur Anwendung der entwickelten Zerschneidungsmaße und zum Vergleich der Ergebnisse werden zwei Untersuchungsgebiete betrachtet: die Region "Kreuzung Schweizer Mittelland" (KSM) in den Kantonen Solothurn und Aargau und das Gebiet "Strohgäu" in Baden-Württemberg, überwiegend im Landkreis Ludwigsburg gelegen (Abb. 1.2). Beide Gebiete sind dicht besiedelt (über 500 E/km²) und einem hohen Siedlungs- und Mobilitätsdruck ausgesetzt.

> hier Abb. 1.2 einfügen <

Abb. 1.2: Lage der beiden Untersuchungsgebiete "Kreuzung Schweizer Mittelland" (KSM) und "Strohgäu" (aus Jaeger, *inger.*).

Teil I: *Theoretische Grundlagen: Konzepte und Begriffe*

2 Die Bewertungsproblematik und das Konzept der Umweltgefährdung

Aufgabe der Umweltwissenschaften ist es, Umweltveränderungen – insbesondere anthropogen bedingte Umweltveränderungen – zu erkennen und zu beschreiben, ihre Ursachen zu analysieren und künftige Umweltveränderungen zu prognostizieren. Darüberhinaus ist seit etwa zwanzig Jahren zunehmend die Aufgabe hinzugetreten, beobachtete oder prognostizierte Umweltveränderungen und die sie auslösenden Eingriffe auch zu bewerten, Entscheidungen über künftige Umwelteingriffe vorzubereiten und Maßnahmen vorzuschlagen (z.B. für den Eingriffsausgleich). Die Aufgabe umfasst insbesondere die Entwicklung von Bewertungskriterien und -indikatoren (Abb. 2.1) für Situationen, in denen die Information über die Auswirkungen der zu beurteilenden Eingriffe unvollständig ist bzw. die Auswirkungen unsicher sind, z.B. wegen unvorhersehbarer äußerer Einflüsse oder wegen chaotischen Verhaltens des betrachteten Systems selbst. Die Wahl von Indikatoren als Methode der Komplexitätsreduktion verlangt zu ihrer Begründung stets nach einer theoretisch-argumentativen Grundlage. Dies gilt umso mehr für Indikatoren, die für Situationen mit nur teilweise bekannten Wirkungszusammenhängen und mit Prognoseunsicherheiten eingesetzt werden sollen und zudem die Beschreibung von Umweltveränderungen mit normativen Zielvorstellungen in Verbindung bringen sollen. Eine solche Verbindung ist stets *argumentativ vermittelt*, d.h. *normative Relevanz erhalten die Indikatoren erst durch den konzeptuellen Rahmen*, in dem sie stehen.

In besonders ausgeprägtem Maße treffen diese Merkmale für die Beurteilung des Landschaftswandels und seiner Folgen zu: Hohe Komplexität der Wirkungszusammenhänge, begrenzte Erfassbarkeit des aktuellen Zustands sowie früherer Zustände, Vielfalt der Nutzungsansprüche und Prognoseunsicherheiten über Eingriffsfolgen sind hier – gleichzeitig – kennzeichnend, und sie haben zur Konsequenz, dass die theoretisch-argumentative Grundlage der Indikatorenwahl eine umso wichtigere Rolle bekommt.

Die Ergebnisse rein deskriptiv-analytischer Umweltforschung dagegen sind nicht ausreichend, denn sie sind nicht "selbsterklärend"; was sie in normativer Hinsicht bedeuten, ist nicht evident, d.h. nicht unvermittelt aus ihnen deduzierbar. Diese

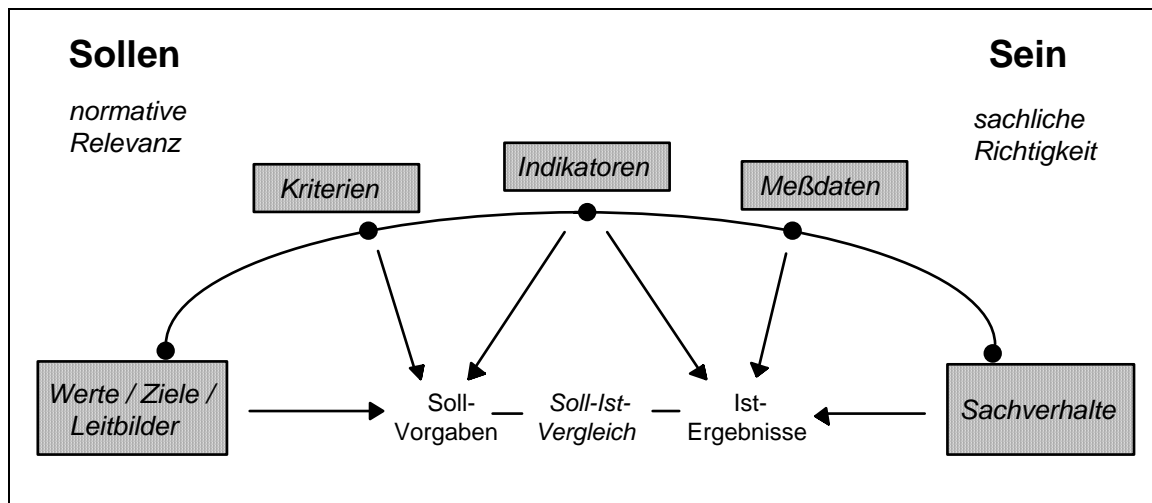


Abb. 2.1: Bildliche Veranschaulichung der Bewertungsaufgabe durch eine Verbindung von normativen und deskriptiven Aussagen mit einer "Brücke" aus Kriterien und Indikatoren. (Der Soll-Ist-Vergleich bezieht sich nicht notwendigerweise auf jeden Indikator einzeln, sondern kann z.B. bestimmte Kombinationen von Indikatoren umfassen.)

Schwierigkeit der Umweltwissenschaften haben M. Scheringer et al. als "*normative Unbestimmtheit*" der deskriptiven Befunde bezeichnet und die Konsequenzen als "*Bewertungsproblem*" diskutiert (Scheringer et al. 1994, Berg und Scheringer 1994). Das "*Bewertungsproblem*" hat zwei Seiten (vgl. Scheringer 1999):

- Angesichts der erdrückenden Vielzahl von Detailergebnissen deskriptiv-analytischer Umweltforschung erscheint das Wissen über Ursachen und Folgen von Landschaftsveränderungen kontingent und zusammenhanglos ("Überkomplexität des Hypothesenwissens"²⁵). Die Relevanz der Resultate erscheint dadurch nahezu beliebig interpretierbar: Zu fast jedem hypothetischen normativen Urteil gibt es bestätigende und widerlegende Befunde und Theorien.
- Gleichzeitig ist in wesentlichen Bereichen das Wissen unzureichend, um entscheidungs- und planungsrelevante Fragen beantworten zu können (z.B. über Summenwirkungen).

Als Folge des Bewertungsproblems kann die Umweltbeschreibung nicht mehr nur unabhängig von der Bewertungs- und gegebenenfalls Handlungsabsicht erfolgen, sondern geht eine Verbindung ein, so dass sich Beschreibung und Zielfindung wechselseitig beeinflussen. Eine "reine", deskriptiv-analytische Umweltforschung ist nicht sinnvoll, wenn sie zur Problembewertung und -lösung beitragen soll und die

²⁵ U. Beck (1986: 256).

<i>Bezeichnung des Problems</i>	<i>Kurzbeschreibung / Kennzeichen</i>	<i>Beispiel</i>
Überkomplexität von Ökosystemen	Unmöglichkeit einer vollständigen Erfassung der Wirkmechanismen in Ökosystemen (und ihrer möglichen Reaktionen auf Einwirkungen) durch eine endliche Zahl von Größen	Waldökosysteme (und ihre Reaktionen auf Stoffeinträge)
Abgrenzbarkeitsproblem	Da sich Ökosysteme nicht wie Organismen selbst von ihrer Umgebung abgrenzen, ist nicht klar, wie sie räumlich, zeitlich und funktional abzugrenzen sind.	Unterteilung einer Landschaft in eine Vielzahl einzelner Ökosysteme
Zeitmaßproblem (Problem der langen Reaktionszeiten)	Die Akkumulations-, Latenz- und Reaktionszeiten von Ökosystemen sind sehr lang, so dass sich Wirkungen nacheinander erfolgter Eingriffe überlagern und zudem in zeitlich eng befristeten Studien nicht erfasst werden können. Umweltveränderungen haben daher überwiegend einen schleichenden Charakter.	Reaktion von Wäldern auf höhere Durchschnittstemperaturen und höhere CO ₂ -Konzentration, Akkumulation von Stoffen in Böden, Bodenreubildung
Zurichtbarkeitsproblem	Unmöglichkeit einer (auf Reproduzierbarkeit abzielenden) experimentellen Zurichtung und Beherrschung von Ökosystemen	Experimente mit der Evolution von Arten, Klimaexperimente
Sukzessionsproblem	Da sich viele Ökosysteme ständig dynamisch weiterentwickeln, besteht eine Vielzahl zukünftiger Möglichkeiten. Gleichgewichtsvorstellungen haben deshalb nur für kurze Zeiträume Gültigkeit, und es können keine längeren Relaxationszeiten für äußere Eingriffe bestimmt werden. Ein Vergleich damit, welche Dynamik sich ohne den Eingriff ergeben hätte, ist meist nicht möglich.	Erfolg von Ausgleichsmaßnahmen, Entwicklung von Bergbaufolgelandschaften
Wahrnehmbarkeitsproblem	Unmöglichkeit einer direkten sinnlichen Wahrnehmung von Umweltveränderungen (z.B. bei sinnlich nicht feststellbaren Stoffeinträgen oder bei schleichenden Umweltveränderungen)	Stickstoffdepositionen, Hormone im Wasser, Artenrückgang, Radioaktivität, elektromagnetische Felder

Tab. 2.1: Grundlegende Probleme in den Umweltwissenschaften, welche die Durchführung von Wirkungsanalysen für Umwelteingriffe erheblich erschweren können ("Tantalusprobleme") (aus Jaeger 1998: 448).

erhobenen Daten verwendbar bzw. handlungsorientierend sein sollen.²⁶ Somit müssen sich die Umweltwissenschaften aufgrund ihrer Problemorientierung bzw. des angestrebten Beitrags zu Entscheidungsfindungen und zu Planungsaufgaben mit normativen Fragen auseinandersetzen. Diese Aufgabe verlangt nach einer originär *wissenschaftlichen* Bearbeitung und kann nicht länger als bloßes "Praxisproblem" angesehen werden.

Dabei sind u.a. die folgenden Schwierigkeiten zu überwinden:

²⁶ Vgl. Lehnes (1994a: 422f).

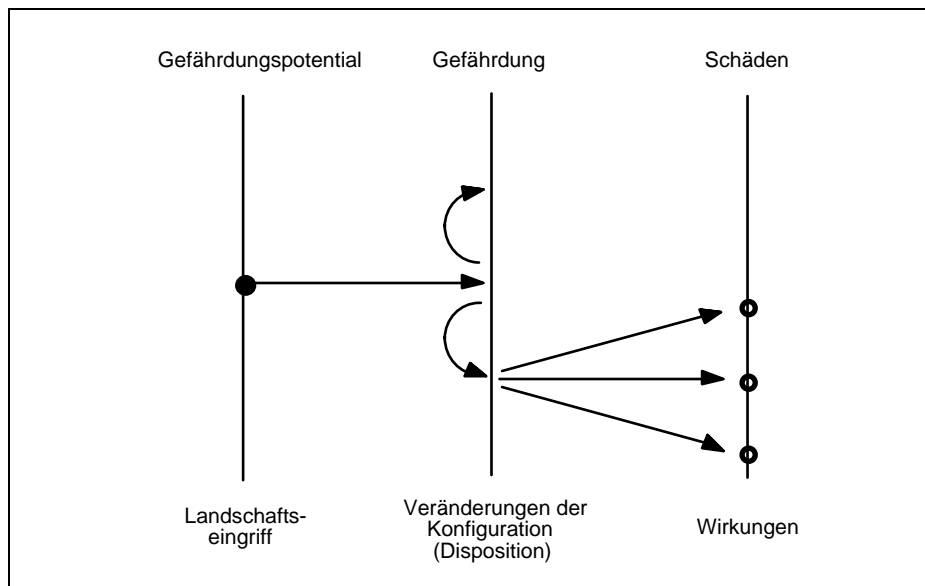


Abb. 2.2: Das 3-Ebenen-Bild des Gefährdungskonzeptes für die Bewertung von raumwirksamen Landschaftseingriffen. Beispielsweise ergibt sich die Wirkung einer "Barriere" erst aus dem Zusammenhang der räumlichen Anordnung der übrigen Landschaftselemente. Dies wird durch die Pfeile auf der Konfigurationsebene vom Ort der "Barriere" zu anderen Orten im Raum angedeutet (aus Jaeger 1998: 456).

- Oftmals sind für den gleichen Befund verschiedene Bewertungen möglich.
- Befunde liegen in der Regel nicht "einfach so" vor, sondern entstehen durch Wahrnehmungen bzw. werden durch mehr oder weniger gezielte Untersuchungen erzeugt.
- Es findet bereits vor der Erhebung von Befunden eine Selektion statt, welcher Gegenstand untersucht werden soll und welche Methode eingesetzt wird. Diese Auswahl von Untersuchungsgegenstand und -methode impliziert bereits eine (Vor-)Bewertung der Situation.

Aufgrund der "Tantalusprobleme" (Tab. 2.1) ist die Leistungsfähigkeit wirkungsanalytischer Verfahren (wie die ökologische Risikoanalyse), um die Folgen von Landschaftseingriffen zu prognostizieren, prinzipiell begrenzt. Häufig liegt also der Unsicherheitstyp der "Ungewissheit" – im Gegensatz zu "Risiko" – vor, bei dem sich die Bewertung des Eingriffs nicht auf eine Prognose der Auswirkungen stützen kann. Daher wird im Gefährdungskonzept der Ansatz verfolgt, die Blickrichtung umzukehren, d.h. von dem Befund der Schwierigkeiten in der Praxis mit der Wirkungsorientierung und mit der Analyse von funktionalen Beziehungen *auszugehen* und nach den Konsequenzen daraus für die Theorie zu fragen, um entsprechende neue Vorschläge zu entwickeln.

<i>Vergleichspunkt</i>	<i>Gefährdungsorientierung</i>	<i>Wirkungsorientierung</i>
<i>vorherrschende Form der Unsicherheit</i>	Ungewissheit	Risiko
<i>"Blickrichtung" bei der Bestimmung des Ausmaßes der Bedrohlichkeit</i>	von der Einwirkung her bestimmt	von der Schädigung her bestimmt
<i>Grundlage für die Abstützung der Bewertung</i>	Charakterisierung der Art der Eingriffe als Bedingungen für zukünftige Umweltveränderungen	Höhe und Wahrscheinlichkeit der möglichen Auswirkungen von Eingriffen
<i>umweltpolitisches Bezugsprinzip</i>	Vorsorgeprinzip und Verantwortbarkeit	Verursacherprinzip und Haftbarkeit; z.T. auch Vorsorgeprinzip
<i>Strategie im Umgang mit Nichtwissen</i>	Verringerung des Nichtwissens durch behutsames Handeln*	Durchführung von weiteren Wirkungsanalysen, um Ungewissheiten in Risiken zu überführen
<i>Haltung</i>	Bewahrung, Erhaltung, Verhütung**	Abwägung zwischen Nutzen und Risiken, soweit bekannt; Ungewissheiten bleiben letztlich unberücksichtigt

* vgl. Gleich (1997a: 514);

** vgl. Jonas (1978: 249).

Tab. 2.2: Gegenüberstellung von wirkungsorientierter und gefährdungsorientierter Bewertungsstrategie (aus Jaeger 1998: 451).

Das *Konzept der Umweltgefährdung* (bzw. der Gefährdungsanalyse) zielt daher auf eine Vorverlagerung der Bewertung von den Auswirkungen hin zu den Gefährdungsebenen der Exposition (für Umweltchemikalien) und der Konfiguration (Abb. 2.2), indem es sich auf die *Bedingungen* potenzieller Umweltveränderungen bezieht. Das Kriterium der *Disposition* umfasst den Beitrag, den die Einwirkungen (z.B. neu eingefügte Infrastrukturanlagen) zur Veränderung der räumlichen und zeitlichen Bezüge in der Landschaft leisten (auf der Ebene der Konfiguration). Die Gegenüberstellung von wirkungsorientierter und gefährdungsorientierter Bewertungsstrategie (Tab. 2.2) zeigt, dass die beiden Verfahren einander nicht widersprechen müssen, sondern komplementäre, einander ergänzende Perspektiven sind.

Entscheidend für die Verantwortbarkeit von Umwelteingriffen und die Umsetzung des Vorsorgeprinzips ist der Umgang mit Unsicherheit. Wenn es sich nicht um Risiken, sondern um Gefährdungen handelt (Abb. 2.3),²⁷ werden Konzepte zur Vorverlagerung

²⁷ Grundlegend für die Entscheidungstheorie ist die Unterscheidung verschiedener Formen von Unsicherheit. Eine Situation, in der die Eintrittswahrscheinlichkeiten der potenziellen Schäden nicht abgeschätzt werden können, wird als *Ungewissheit (uncertainty)* bezeichnet. *Unsicherheit im engeren*

der Bewertung benötigt, um sich von der Wirkungsorientierung lösen zu können. Aufgrund der "Tantalusprobleme" tritt eine solche Situation in den Umweltwissenschaften relativ häufig auf. Die drei Ansätze des Risikofaktorenmodells, des Gefährdungskonzeptes und des Kriteriums der Eingriffstiefe ermöglichen eine Vorverlagerung der Bewertung, indem sie sich auf die Bedingungen potenzieller (Umwelt-)Veränderungen beziehen. Wesentliche Vorteile dieser Konzepte sind:

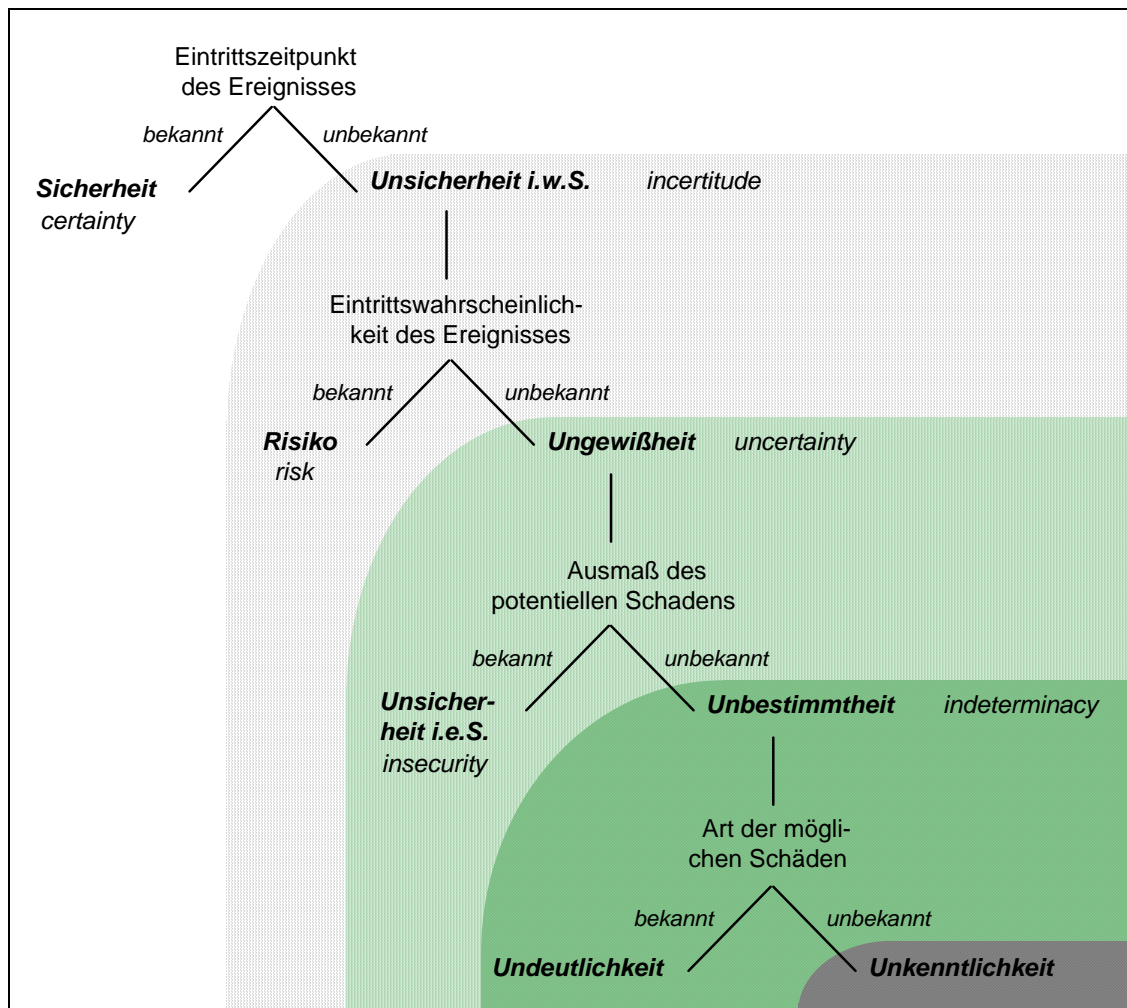


Abb. 2.3: Unterscheidung von Sicherheit und von verschiedenen Formen von Unsicherheit in der Darstellung als Entscheidungsbaum (Quellen: u.a. Dürrenberger 1994, Tegner und Grewing 1996: 443, Jakobowski et al. 1997: 21), aus Jaeger (2000d: 205).

Sinne liegt vor, wenn nur die möglichen Schadenshöhen bekannt sind. Falls auch keine Angaben über den Umfang der potenziellen Schäden verfügbar sind, so spricht man von *Unbestimmtheit* bzw. *Undeutlichkeit* oder *Unkenntlichkeit* (Abb. 2.3).

- Stärkung des Vorsorgegedankens durch Begrenzung von Umweltgefährdungen,
- Gefährdungen können ihren Ursachen direkt zugeordnet werden (gegen die "Diffusion" von Verantwortung),
- Geringere Kosten eines vorsorgeorientierten Bewertungsverfahrens gegenüber der (möglicherweise endlos) fortgesetzten Erhebung von Wirkungsanalysen zur Schließung verbleibender Wissenslücken; Einsparung von Kosten durch die Vermeidung gegenüber der Beseitigung eingetretener Schäden.

Aus der Erkenntnis der grundsätzlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit wirkungsorientierter Ansätze folgt für die Umweltforschung zur Eingriffsbewertung, dass künftig stärker vorsorgeorientierte Bewertungsstrategien entwickelt werden sollten. Dies erfordert:

- die Unterscheidung von verschiedenen Arten von Unsicherheit als Voraussetzung, um den rationalen Umgang mit Unsicherheit zu verbessern, insbesondere zwischen Risiken und (Umwelt-)Gefährdungen sowie zwischen Risikofaktoren und Gefährdungsfaktoren,
- die Entwicklung weiterer Kriterien und Indikatoren zur Charakterisierung des Eingriffs, der potenziellen Reichweite seiner Folgen und des Ausmaßes der mit ihm verbundenen Unsicherheit, um diese Eigenschaften desto stärker heranzuziehen, je weniger man über die möglichen Folgeschäden und ihre Eintrittswahrscheinlichkeiten weiß,
- die geeignete Verbindung und Abwägung von wirkungsorientierten und vorsorgeorientierten Kriterien sowie eine entsprechende Gewichtung beider Ansätze in der Entscheidung, welche Daten (d.h. für welche Kriterien) überhaupt erhoben werden sollen.

Beispiele für gefährdungsorientierte Bewertungskriterien sind neben der Eingriffstiefe sowie der Reichweite und Persistenz von Umweltchemikalien der Verknüpfungs- und Verzweigungsgrad von technischen und organisatorischen Systemen (Perrow 1984) und die zivilisatorisch-technische Durchdringung von Landschaften (Ewald 1978).

3 Umweltgefährdung durch Landschaftszerschneidung

„Landschaftsverbrauch“ bezeichnet alle Flächenumwidmungen in der Entwicklungsrichtung von "naturnah" zu "naturfern". Es lassen sich direkte Flächeninanspruchnahme, indirekte Flächeninanspruchnahme und strukturelle Veränderungen unterscheiden. "Landschaftszerschneidung" oder "-fragmentierung" ist ein Ergebnis der mosaikartig fortschreitenden Umwidmung von Flächen zu intensiverer Nutzung und der Verbindung dieser Flächen durch linienhafte Infrastrukturanlagen (Abb. 3.1). Die verbleibenden Flächen ("Patches") sind von einer weitgehend zusammenhängenden, intensiver genutzten Matrix umgeben, welche die ökologischen Zusammenhänge zwischen den Patches beeinträchtigt oder unterbricht, z.B. den Genaustausch zwischen Subpopulationen einer Metapopulation oder die Wiederbesiedlung von Habitaten nach dem Erlöschen einer isolierten Population.

Die Auswirkungen umfassen die sieben Problemfelder Flächenbelegung, Kleinklima, Immissionen, Wasserhaushalt, Flora/Fauna, Landschaftsbild und Folgen für die Landnutzung (Tab. 3.1). Als einfache quantitative Angaben zur Charakterisierung von Landschaftsverbrauch und -zerschneidung finden die Ausdehnung der Siedlungsflächen, die Länge der Verkehrslinien sowie die Zahl unzerschnittener verkehrsarmer Räume größer als 100 km² (UVR) die größte Verwendung. Die Siedlungsfläche hat sich in der Schweiz und in Baden-Württemberg seit 1950 mehr als verdoppelt, in Deutschland nahezu verdoppelt. Die Länge der klassifizierten Straßen hat sich seit 1960 um 13,3% (Schweiz) bzw. 14,8 % (Baden-Württemberg) erhöht.

Im Sinne einzelner Zerschneidungen kann sich "Zerschneidung" auf die Zerteilung von Flächen durch *lineare* Infrastrukturanlagen beziehen ("lineares Verständnis" von Zerschneidung; umfasst direkte und indirekte Flächeninanspruchnahme sowie die Trennwirkung). Zudem bezieht sie sich als ein struktureller Effekt im Sinne eines "Netzes" als der Summe der einzelnen Zerschneidungslinien ebenso wie der Landschaftsverbrauch auf die gesamte Fläche ("Netzverständnis" von Zerschneidung). Zu diesem strukturellen Effekt trägt auch das Wachstum der Siedlungsflächen bei. Landschaftsindizes als Maße für die Zerschneidung beziehen sich auf die gesamte Fläche und sollten daher auch den Beitrag des Siedlungswachstums zur Zerschneidung berücksichtigen.

Problemfeld	Folgewirkungen von linienhaften technischen Infrastrukturanlagen	Typ des Landschaftsverbrauchs		
		Flächenbedarf		strukturelle Veränderungen
		direkter	indirekter	
Flächen- belegung	• Flächenbedarf für Fahrbahn, Straßenkörper und Straßenbegleitflächen	X		
	• Bodenverdichtung, Bodenversiegelung	X		
	• Vegetationsänderungen	X		
Kleinklima	• veränderte Temperaturverhältnisse (z. B. Aufheizung der Straße, größere Temperaturschwankungen)	X		
	• Kaltluftstau an Straßendämmen (Kaltluftseen)		X	
	• Änderungen des Feuchtegrades (z. B. geringere Luftfeuchtigkeit aufgrund erhöhter Einstrahlung, Staunässe auf Straßenbegleitflächen infolge der Verdichtung)	X	X	
	• veränderte Lichtverhältnisse	X	X	
	• veränderte Windverhältnisse (z. B. Schneisen im Wald)	X	X	
	• Klimaschwelle	X		X
Immissionen	• Abgase, Schadstoffe, düngende Stoffe		X	
	• Staub (Reifenabrieb, Bremsbeläge)		X	
	• Öl etc. (z. B. bei Verkehrsunfällen)	X	X	
	• Streusalz		X	
	• Lärm		X	
	• optische Reize, Beleuchtung		X	
Wasser- haushalt	• Drainage, schnellerer Wasserabfluss	X		
	• Veränderung von Oberflächengewässern	X		X
	• Absenkung oder Anhebung des Grundwasserspiegels		X	
	• Wasserverunreinigungen		X	
Flora / Fauna	• Tierverluste durch Straßentod (z.T. auch infolge Lockwirkung: "Falleneffekt")	X		
	• Unruhwirkung, Verlust von Rückzugsräumen		X	X
	• Habitatverkleinerungen und -verluste; z.T. auch Neuschaffung	X		
	• Veränderungen des Nahrungsangebotes (z.B. infolge von nächtlichen Kaltluftseen verringertes Nahrungsangebot für Fledermäuse)	X	X	
	• Barriereeffekt	X		X
	• Blockierung von Ausbreitungswegen, Verhinderung von Wiederbesiedelungen			X
	• Trennung und Isolation von Teilhabitaten, Zerteilung von Populationen			X
	• Unterbrechung der Metapopulationsdynamik, genetische Isolation, Inzuchteffekte, Abbruch evolutionärer Entwicklungsprozesse			X
	• Unterschreitung von Minimalarealen, Artenverluste			X
	• Ausbreitungsbänder, Eindringen neuer Arten, z.T. als Infektionswege		X	X
Land- schafts- bild	• Verlärmung, optische Reize		X	
	• "Verstraßung", "Vermastung" und "Verdrahtung" der Landschaft		X	X
	• Gegensätze und Brüche; aber z. T. auch Belebung der Landschaft (z. B. durch Alleen)	X	X	X
Folgen für die Land- nutzung	• Folgen der Erschließung durch Straßen (z. B. Verkehrszunahme, erhöhter Siedlungs- und Mobilitätsdruck)		X	X
	• Flurbereinigung (v.a. Zweckflurbereinigung)		X	X
	• Qualitätsveränderungen des Erntegutes entlang von Straßen		X	
	• Verlärmung, Verkleinerung und Zerteilung von Erholungsgebieten		X	X
	• weitere Nutzungskonflikte		X	X

Tab. 3.1 (linke Seite): Auswirkungen der Landschaftszerschneidung: Beispiele für mögliche Folgewirkungen von linienhaften technischen Infrastrukturen wie Straßen, Bahnlinien oder Hochspannungsleitungen (ohne die Wirkungen der Baustelle wie Erdaushub und -ablagerungen, Erderschütterungen, akustische und optische Störungen). "X" kennzeichnet den jeweiligen Typ der Landschaftsveränderung. Die Folgewirkungen sind in sieben Problemfeldern zusammengefasst. (Quellen: u.a. Saunders et al. 1985, Reck und Kaule 1993, Reck 1994).

Zerschneidung und Heterogenität (bzw. Diversität) einer Landschaft sind unterschiedliche Begriffe. Zwar kann eine Zunahme der Zerschneidung zur Erhöhung der Heterogenität führen, aber Heterogenitätsmaße sind zu unspezifisch, als dass sie als Maße für die Landschaftszerschneidung geeignet wären.

Anhand von geometrischen Kennzeichen lassen sich die sechs Fragmentierungs- oder Zerschneidungsphasen Perforation, Inzision, Durchschneidung, Zerstückelung, Verkleinerung und Auslöschung unterscheiden. Die Darstellung der beiden Untersuchungsgebiete "Kreuzung Schweizer Mittelland" und "Strohgäu" in Zerschneidungsskizzen (Abb. 3.2, Abb. 3.3) lässt ihre Entwicklung gemäß den sechs Zerschneidungs-

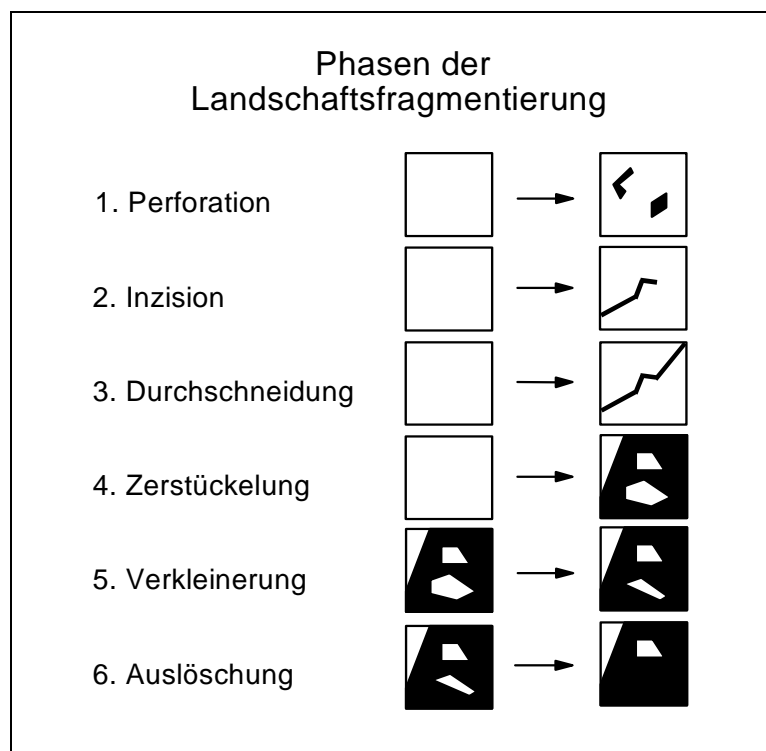


Abb. 3.1: Die sechs Phasen der Landschaftsfragmentierung, die sich nach geometrischen Kennzeichen unterscheiden lassen (erweitert nach Forman 1995: 407, Abb. 12.1). Schwarz dargestellt sind Flächen, die ein Hindernis für die Ausbreitung von bestimmten Arten bzw. eine Lärm- und Unruhequelle darstellen (aus Jaeger 2000a: 116).

phasen erkennen. Dies zeigt, dass die Phasen nicht nur in zeitlicher Hinsicht in der Reihenfolge beginnend mit Perforation, Inzision oder Durchschneidung und endend mit Auslöschung auftreten, sondern auch in räumlicher Hinsicht beim Übergang vom ländlichen Raum zu den Städten und Verdichtungsachsen.

>Abb. in A4 hier einfügen<

Abb. 3.2: Zerschneidungsskizze für das Untersuchungsgebiet „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (KSM)
(aus Jaeger, *inger.*)

>Abb. in A4 hier einfügen <

Abb. 3.3: Zerschneidungsskizze für das Untersuchungsgebiet „Strohgäu“ (aus Jaeger, *inger.*)

4 Zerlegung der transdisziplinären Problemstellung

Anhand des unterschiedlichen Zusammenhangs zwischen Forschungsgegenstand, Erkenntnisinteresse und Methodenwahl lassen sich Multi-, Inter- und Transdisziplinarität voneinander abgrenzen. Das wesentliche Kennzeichen transdisziplinärer Forschung ist die disziplinenunabhängige – gleichwohl wissenschaftliche – Definition (Abb. 4.1) und Bearbeitung einer Problemstellung mit lebensweltlicher Wurzel. Weitere Merkmale sind eine auf die spätere Integration ausgerichtete Zerlegung der Problemstellung in Teilbereiche, die Freiheit in der Methodenwahl und -entwicklung sowie der wechselseitige Bezug der Teilbereiche. Praxisbezug und Organisationsweise als Gruppenprojekt sind hingegen weder spezifisch noch notwendig für transdisziplinäre Forschung (Jaeger und Scheringer 1998, 1999).

Die vorliegende disziplinenübergreifende Arbeit geht von einem lebensweltlichen Problem aus und verbindet mathematisch-naturwissenschaftliche und soziologische Methoden. Die drei Teilbereiche (Rahmenkonzept der Umweltgefährdung, Quantifizierung von Landschaftszerschneidung, Experteninterviews) sind durch fünf Leitfragen aneinandergelüpft (Abschnitt 1.4, Abb. 4.2). Arbeitshypothesen konkretisieren die Leitfragen (Tab. 4.1), und ihre fortlaufende Revision führt zur Integration der Resultate aus den Teilbereichen hin.

verknüpfte Problemaspekte	Arbeitshypothesen
<i>zu Leitfrage 1. Begriffsverständnis und Kriterien zur Bestimmung des Zerschneidungsgrades</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Wissen über landschaftsökologische Zusammenhänge • Einschätzung der Angemessenheit und Gewichtung verschiedener mathematisch-geometrischer Beschreibungsansätze 	<ul style="list-style-type: none"> • grundsätzlich große Übereinstimmung zwischen Vpl., Lpl. und Nsch., aber unterschiedliche Gewichtungen verschiedener Kriterien • Die neuen Maße D, S und m_{eff} (in Kapitel 6) stellen eine Verbesserung gegenüber den bisherigen dar. • Kriterien sind außer der Größe unzerschnittener Flächen auch die Vernetzung, Anordnung, Breite der Trennlinien etc.

zu Leitfrage 2. Erheblichkeit eines landschaftszerschneidenden Eingriffs bzw. seines Zerschneidungseffektes

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellungen über die Art und Reichweite der Folgen (Folgenwissen) • Einschätzung der Bedeutung des Folgenwissens, z.B. für Landnutzungskonflikte • Wertvorstellungen über landschaftliche Schutzgüter und Nutzungspotenziale | <ul style="list-style-type: none"> • Erheblichkeit wird heute überwiegend wirkungsorientiert beurteilt. • Bei vielen Folgen der Landschaftszerschneidung handelt es sich eher um "Gefährdungen" als um "Risiken". |
|--|---|
-

zu Leitfrage 3. Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken eines landschaftszerschneidenden Eingriffs

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verständnis des Verantwortungsbegriffs und daraus abgeleitete Anforderungen für die Umsetzung • Anwendung auf die aktuelle Entwicklung der Landschaft | <ul style="list-style-type: none"> • Ethische Prinzipien werden zwar prinzipiell gewünscht, aber nur partiell operationalisiert und umgesetzt. • Das Verständnis von Verantwortung wird unterschiedlichen Zielen angepasst. • Faktisch besteht keine Langfristverantwortung, obwohl dies gefordert wird: keine Verfahren, keine Zuständigkeiten. |
|--|---|
-

zu Leitfrage 4. Umgang mit Ungewissheit

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Selektion von geeigneten normativ und ökologisch relevanten Kriterien und Indikatoren je nach dem Ausmaß der Unsicherheit • Grad der Differenzierung zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheit | <ul style="list-style-type: none"> • Die Bewertung bereitet große Schwierigkeiten im Fall von Ungewissheit. • Generell gibt es zwar eine Tendenz zur "Vorverlagerung" der Ansatzpunkte für die Bewertung, aber je mehr Unsicherheit besteht, umso größer sind die Differenzen zwischen Vpl. und Nsch. • Es bestehen erhebliche Defizite an geeigneten Instrumenten für eine Umsetzung. • "Zuviel" Vorsorge wird von Vpl. als "Verhinderungstaktik" betrachtet und abgelehnt. |
|---|--|
-

zu Leitfrage 5. Zielvorgaben

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Prognosen der weiteren Flächeninanspruchnahmen • Existenz von Zielvorstellungen • Einschätzung der Resistenz der Entwicklungstrends gegen Änderungsbestrebungen | <ul style="list-style-type: none"> • Nsch. befürworten einen Zerschneidungsgrenzwert, Lpl. und Vpl. lehnen ihn ab. • Die Befragten sehen eine Gefahr, dass ein Grenzwert dazu missbraucht würde, um weitere Zerschneidungen zu legitimieren. • Es besteht bei den Befragten eine starke Resignation gegenüber den anhaltenden Entwicklungstrends. |
|---|--|
-

Tab. 4.1: Übersicht über die fünf Verknüpfungslinien (Leitfragen), dafür relevante Problemaspekte und Arbeitshypothesen (vgl. auch Tab. 1.1 und Tab. 8.2; Vpl. / Lpl. / Nsch. = Befragte aus dem Bereich Verkehrsplanung / Landschaftsplanung / Naturschutz).

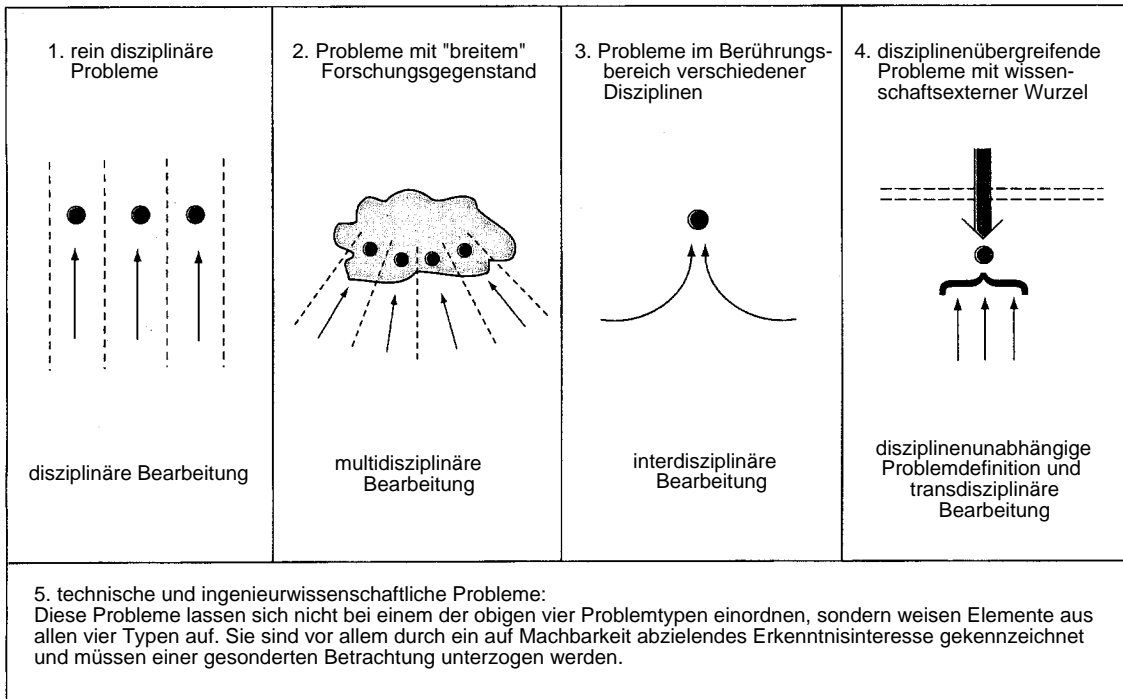


Abb. 4.1: Zur Frage nach der Problemdefinition werden fünf Typen von wissenschaftlichen Problemen unterschieden. Ihnen entsprechen unterschiedliche Bearbeitungsformen. ◦ : Einzeldisziplin, • : wissenschaftlich definiertes Problem, - - - - : disziplinäre Grenzen, = = = = : Grenze zwischen wissenschaftlichem System und Lebenswelt (aus Jaeger und Scheringer 1998: 18).

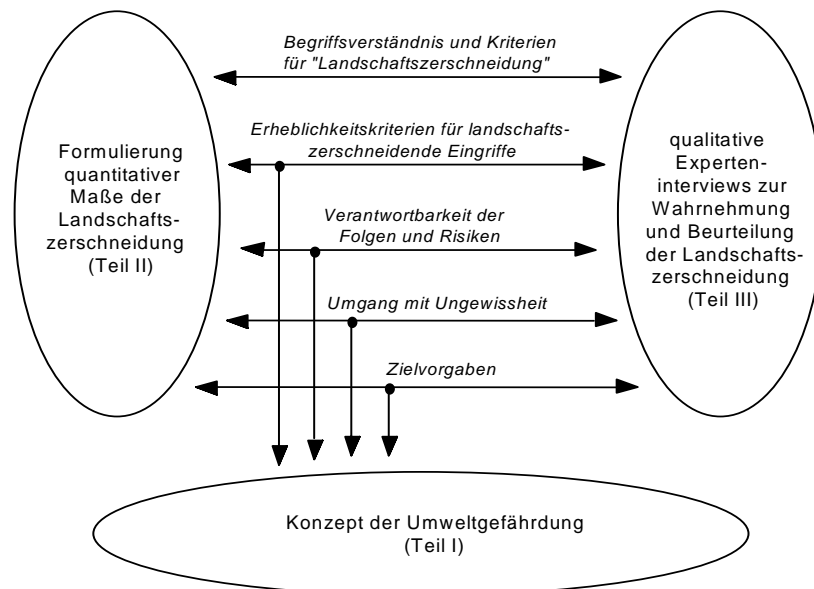


Abb. 4.2: Zerlegung der Problemstellung in drei Teilbereiche mit den wichtigsten Verknüpfungslinien (Leitfragen). Die Pfeile deuten an, welche Teilbereiche durch eine Leitfrage jeweils miteinander verknüpft werden.

Teil II:

Theoretische Grundlagen: mathematisch-technischer Teil (Zerschneidungsmaße)

5 Quantifizierung der Landschaftszerschneidung

Umweltprobleme wie die Landschaftszerschneidung stellen sich als Probleme aus der Lebenswelt von sich aus weder als qualitative noch als quantitative Probleme, sondern qualitative und quantitative Methoden sind verschiedene Arten des Vorgehens bei der Problembeschreibung, bei der Analyse von Problemzusammenhängen und bei der Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen. *Beide* Ansätze bieten die Möglichkeit zur *Beschreibung und Analyse von Gemeinsamkeiten und Unterschieden*, welches die grundlegende Voraussetzung für wissenschaftliches Arbeiten darstellt. Beide Möglichkeiten ergänzen einander trotz der gegensätzlichen Zugangsweisen. Qualitative Betrachtungen bleiben auch bei einer Ausweitung quantitativer Methoden die unentbehrliche Grundlage, z.B. für die Beurteilung des Verwendungszwecks und der Eignung quantitativer Methoden. Das weitreichendste Problemverständnis und die tragfähigsten Problemlösungsvorschläge sind daher zu erwarten, wenn es gelingt, in einer Verbindung von qualitativen und quantitativen Ansätzen die Vorteile beider Zugangsweisen miteinander zu verknüpfen. Größere Schwierigkeiten für die Problembearbeitung resultieren weniger aus dem Gegensatz von Qualität und Quantität, sondern vielmehr aus der disziplinären Spezialisierung und Zersplitterung der Wissenschaften (vgl. Kapitel 4 in der Langfassung) sowie aus der Unvereinbarkeit herrschaftswissenschaftlicher und orientierungswissenschaftlicher *Prämissen* von verschiedenen Perspektiven auf das gestellte Problem.

Kapitel 5 überprüft die Eignung von bestehenden Landschaftsmaßen für die Quantifizierung von Landschaftszerschneidung. Ziel der Quantifizierung ist es u.a., die Überprüfbarkeit der Bilanzierung von Eingriffen und Ausgleichsmaßnahmen zu erhöhen und eine systematische Suche nach Korrelationen zwischen Strukturveränderungen in der Landschaft und dem Verlust landschaftlicher Funktionen zu ermöglichen. Hierzu zählen die Analyse von kritischen strukturellen Veränderungen sowie die Möglichkeit, Grenzwert- oder Richtwerte zur Begrenzung der Landschaftszerschneidung zu entwickeln (vgl. Jaeger 2001a).

Im Konzept der Umweltgefährdung können quantitative Maße auf der Bewertungsebene der Konfiguration zur Beurteilung von landschaftszerschneidenden Eingriffen dienen (im Sinne eines "Ranking", vgl. Kapitel 2). Das Gefährdungskonzept stimmt in einem wesentlichen Punkt mit der "Nutzungsmuster-Hypothese" von O'Neill et al. (1988)

überein. Diese besagt (motiviert durch Ergebnisse aus der Perkolations-theorie), es werde bei einer geeigneten Definition von Landschaftsindizes möglich sein, ökologische Bewertungskriterien zu entwickeln, welche sich allein auf das *Muster* der Landnutzung stützen. Die Übereinstimmung besteht darin, die Struktur der Landschaft als Voraussetzung für die Aufrechterhaltung bestehender Landschaftspotenziale und Landschaftsfunktionen zu beschreiben und die kumulative Durchführung von strukturellen Landschaftsveränderungen als Bedingung für die Möglichkeit von Funktionsstörungen und Funktionsverlusten genauer zu kennzeichnen und zu bewerten. Der Hauptunterschied zwischen beiden Konzepten liegt darin, dass im Gefährdungskonzept die Unterscheidung von Flächenqualitäten eine tragende Rolle spielt, während sich die Nutzungsmuster-Hypothese vor allem auf die räumliche Verteilung verschiedener Landnutzungen bezieht, wobei von der Nutzungsintensität abgesehen wird. Diese Differenz entspricht einem zentralen Unterscheidungskriterium zwischen *Zerschneidungsmaßen* und allgemeineren *Heterogenitätsmaßen*.

Als Eignungskriterien für Zerschneidungsmaße lassen sich zehn Kriterien aufstellen (die sich aus der Diskussion der Quantifizierungsziele ergeben, siehe die Langfassung, S. 123ff):

- Anschaulichkeit,
- mathematische Einfachheit,
- geringer Datenbedarf,
- Robustheit gegenüber Kleinstflächen,
- Ungleichbehandlung der fragmentierenden gegenüber den von der Fragmentierung betroffenen Flächen oder Linien,
- Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen,
- Sensitivität für strukturelle Unterschiede zwischen Zerschneidungsmustern,
- Homogenität,
- Additivität,
- Interpretationsfähigkeit als Zerschneidungsmaß.

Diese Kriterien dienen dem systematischen Vergleich, welche der quantitativen Größen, die in der Literatur vorgeschlagen werden, sich zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung eignen. Die Kriterien zielen u.a. darauf, wie spezifisch die vorgeschlagenen Maße auf Landschaftszerschneidung ausgerichtet sind oder ob sie überwiegend andere Aspekte landschaftlicher Heterogenität zum Ausdruck bringen. Die folgenden Maße werden systematisch diskutiert:

1. Direkter Flächenbedarf (z.B. Siedlungs- und Verkehrsfläche),
2. Anzahl der verbleibenden Teilflächen n ,
3. Anzahl unzerschnittener verkehrsarmer Räume (UVR) n_{UVR} größer als 100 km² (Lassen 1979, 1987, 1990),
4. Durchschnittliche Größe der verbleibenden Teilflächen \bar{F} ,

5. Länge der zerschneidenden Linien (Netzlänge) L bzw. Verkehrsnetzdicke:
 - a) relativ zur Gesamtfläche l ,
 - b) relativ zur verbleibenden Freifläche l^* ,
6. Bowens Landschaftsdurchschneidungsindex (*landscape dissection index*) LDI (Bowen und Burgess 1981),
7. Relativer Zerschneidungsindex (*partitioning index*) PI_{rel} des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden (Deggau et al. 1992),
8. Zerteilungsentropie H_Z und Zerteilungsrang R_Z (vgl. das Maß der "distributiven Komplexität" bei Stöcker und Bergmann 1978),
9. Diversitätsindex (*landscape diversity* oder *Shannon's diversity index*) $SHDI$ nach Shannon und Weaver (1949),
10. Diversitätsindex (*Simpson's diversity index*) $SIDI$ nach Simpson (1949),
11. Dominanz $DOMI$,
12. Fraktale Dimension (z.B. Hargis et al. 1998) D bzw. d ,
13. Mittlerer Abstand nächster Nachbarn (*mean nearest neighbor distance*) $MNND$,
14. Proximity-Index MPI nach Whitcomb et al. (1981) bzw. Gustafson und Parker (1992),
15. Übertragung der Dispersion (oder *Shimbel index*) $DISP$ aus der Graphentheorie (Shimbel 1953),
16. "Ansteckung" (*contagion*) nach O'Neill et al. (1988) bzw. Li und Reynolds (1993),
17. Landesweite Zerschneidungsgradanalyse nach Grau (1997),
18. Raumwiderstandsanalyse nach Kappler (1997),
19. Fragmentations-Index nach Johnsson (1995).

Ergänzt wird diese Liste im folgenden Kapitel 6 durch die drei neuen Maße

20. Zerteilungsgrad D ,
21. Zerstückelungsindex S ,
22. effektive Maschengröße m_{eff} .

Übersichten über gebräuchliche Heterogenitäts- und Fragmentierungsmaße geben McGarigal und Marks (1995), Riitters et al. (1995), Haines-Young and Chopping (1996), Hargis et al. (1998) und Gustafson (1998). Das Hauptresultat der Studie von Hargis et al. (1998) ist, dass es ihres Wissens kein Landschaftsmaß gibt, welches die räumliche Verteilung der verbleibenden Flächen zu quantifizieren vermag (insbesondere "verstreut" versus "geklumpt"): Die von früheren Arbeiten der räumlichen Anordnung zugeschriebenen Wertänderungen der untersuchten Maße²⁸ seien vielmehr ein Effekt der unterschiedlichen Flächengrößen und -formen. Für spezielle Anwendungen zu er-

²⁸ Hargis et al. (1998) untersuchten die Maße Grenzliniendichte, Contagion, mittlerer Abstand nächster Nachbarn, Proximity-Index und fraktale Dimension. Autokorrelationsmaße untersuchten sie allerdings nicht (vgl. dazu z.B. Cliff und Ord 1973, 1981, Qi und Wu 1996).

wähnen sind außerdem der Index der Patch-Kohäsion (*patch cohesion*) nach Schumaker (1996),²⁹ die Lakunaritätsanalyse (*lacunarity analysis*) nach Plotnick et al. (1993) sowie die Vorschläge von Scheiner (1992) und Baudry und Baudry-Burel (1982). Als ein weiteres, bereits vor 20 Jahren angewendetes Verfahren zur Erfassung der Landschaftszerschneidung ist die Bilanzierung der Größe abgetrennter Flächen und der Größe von nötigen Zusatzflächen bei Straßenneubauten zu nennen (Birrer 1980: 301). Die sogenannte "Arealmethode" nach Borcherdt und Kuballa (1985) wurde für die Erfassung des Landschaftsverbrauchs entwickelt, für die Landschaftszerschneidung ist dieses Verfahren allerdings nicht geeignet.

Einige neuere Ansätze, welche für die Quantifizierung der *landscape connectivity* entwickelt wurden, könnten ebenfalls für eine Quantifizierung der Landschaftszerschneidung geeignet sein. Sie lassen sich jedoch nicht direkt übertragen, sondern müssten mehr oder weniger stark modifiziert werden. Als Beispiele seien genannt (für eine vergleichende Diskussion siehe Tischendorf und Fahrig 2000³⁰):

- Bestimmung von Immigrationsraten (erfolgreiche Immigration in neue Habitate) in Modellsimulationen (Schippers et al. 1996, Schumaker 1996, Demers et al. 1995, Gustafson und Gardner 1996, Brooker et al. 1999),
- Bestimmung von Suchzeiten bis zum Auffinden eines neuen Habitats in Modellsimulationen (Doak et al. 1992),
- Modellierung der räumlichen Verteilung von Populationen (With et al. 1997),
- empirische Bestimmung von "funktionalen Distanzen" zwischen zwei Orten in der Landschaft aus telemetrischen Daten (Petit und Burel 1998),
- Wiederfangexperimente mit markierten Individuen (Pither und Taylor 1998, Arnold et al. 1993),
- *Connectivity analysis* für einen bestimmten Habitattyp auf der Grundlage von Landkarten nach Keitt et al. (1997).

Diese Maße wurden nicht mit in den Vergleich einbezogen, denn die Entwicklung und die Diskussion solcher Konnektivitätsmaße stehen zur Zeit erst an ihrem Anfang. Sie lassen allerdings interessante Schlussfolgerungen zur Thematik der Landschaftszerschneidung erwarten.

Der Vergleich der neunzehn bestehenden Maße erfolgt in zwei Schritten: In einer Vorauswahl werden zunächst dreizehn Maße aus unterschiedlichen Gründen aus dem nachfolgenden detaillierten Vergleich ausgeschlossen. Diese Gründe betreffen:

²⁹ Zum Index der "*patch cohesion*" vgl. auch Gustafson (1998: 147f).

³⁰ Für die Vorabübersendung dieser Arbeit danke ich Dr. Lutz Tischendorf.

- a) *Art der Berücksichtigung der direkten Nachbarschaft von Flächen:* Der Begriff der "Landschaftszerschneidung" umfasst wesentlich die Phase der Durchschneidung, d.h. linienhafte Barrieren. Viele Maße haben jedoch bei der Berücksichtigung schmaler Linien Probleme. Beispielsweise reicht es nicht aus, die Rand-zu-Rand-Entfernung von Flächen, die lediglich durch eine schmale Linie voneinander getrennt sind, als Erfassungsgrundlage zu wählen, wenn der Wert des Maßes dann allzu stark von der Bestimmung dieser Entfernungen abhängig ist. Diese Überempfindlichkeit auf den genauen Wert geringer Distanzen liegt beispielsweise beim Proximity-Index vor; allerdings lässt sich der Proximity-Index korrigieren (siehe den Vorschlag in Anhang C.2 der Langfassung). Außer dem Begriff der "Distanz" von Flächen aus der umliegenden Nachbarschaft wird beispielsweise ein weiterer Begriff benötigt für direkt benachbarte Flächen, die lediglich durch eine Barriere voneinander getrennt sind (und bei Überwindung dieser Barriere gegenseitig erreichbar sind). Viele Maße machen jedoch die (oft ungeeignete) Voraussetzung, alle Flächen seien mehr oder weniger gleichmäßig verstreut in der Landschaft und ihre Verteilung ließe sich durch ihre Rand-zu-Rand-Distanzen ausreichend beschreiben.
- b) *Erfassung anderer Aspekte landschaftlicher Heterogenität als der Zerschneidung:* Manche Maße erfassen nicht die Landschaftszerschneidung, sondern andere Aspekte von Landschaftsheterogenität.
- c) *Probleme aufgrund des Bezugs auf Rasterdaten:* Manche Maße sind aufgrund ihrer Definition von der gewählten Rastergrundlage abhängig und können nicht unabhängig davon definiert werden, z.B. "Ansteckung" (*contagion*). Dies führt dazu, dass die Ergebniswerte von unterschiedlich gewählten Rastern (z.B. andere Größe der Zellen, Verschiebung oder Drehung des Gitters, vgl. Frohn 1998) kaum miteinander vergleichbar sind, und zu dem Problem, dass durchgehende Zerschneidungslinien aufgrund der Rasterdarstellung oftmals nicht als geschlossene, sondern als unterbrochene Linien erscheinen, wodurch zerteilte Flächen als zusammenhängend dargestellt und die Ergebnisse verfälscht werden.
- d) *Aufwand:* Manche Maße erfordern sehr großen technischen oder mathematischen Aufwand ohne einen offensichtlichen Vorteil gegenüber einfacheren Maßen (hinsichtlich der Erfassung von Landschaftszerschneidung), z.B. *lacunarity*.
- e) *Unausgereifte Übertragbarkeit:* Einige Maße lassen sich zwar konzeptuell aus anderen Bereichen übertragen, sind jedoch in technischer Hinsicht noch nicht bis zur praktischen Anwendbarkeit ausgearbeitet, z.B. das graphentheoretische Maß der Dispersion (Shimbel-Index, vgl. Anhang F der Langfassung).

Im zweiten Schritt werden die sechs verbleibenden Zerschneidungsmaße (Anzahl der verbleibenden Flächen, Anzahl der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume, durchschnittliche Größe der verbleibenden Flächen, Verkehrsnetzlänge oder -dichte, Bowens

Landschaftsdurchschneidungsindex, relativer Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes) anhand der zehn Eignungskriterien überprüft. Das Ergebnis zeigt, dass die bisherigen Zerschneidungsmaße für eine quantitative Zerschneidungsanalyse nur sehr bedingt geeignet sind (vgl. die Übersichten von Tab. 6.1 und 6.2 in Kapitel 6). Beispielsweise kann der relative Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes in den Phasen Perforation, Zerstückelung und Verkleinerung (vgl. Abb. 3.1) zunehmen, unverändert bleiben oder abnehmen. Er erfüllt daher nicht das Eignungskriterium „Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen“. Ähnlich ist es bei Bowens Landschaftsdurchschneidungsindex: Er kann ganz unterschiedlich auf die Phasen Zerstückelung, Verkleinerung und Auslöschung reagieren. Aufgrund dieser Defizite der untersuchten Maße ist die Entwicklung neuer Maße erforderlich (Kapitel 6).

Ein systematischer Vergleich der untersuchten Maße (und der neuen Maße aus Kapitel 6) mit

- a) dem korrigierten Vorschlag für *Proximity* (von Anhang C.2 aus der Langfassung),
- b) Schumakers Index of "*cohesion*" (Schumaker 1996),
- c) dem Rotationsradius aus der *connectivity analysis* nach Keitt et al. (1997),
- d) weiteren neueren (und geeignet angepassten) Maßen zur Erfassung der *landscape connectivity* (im Sinne einer Erfassung der Landschaftszerschneidung als "Herabsetzung der *landscape connectivity*"),
- e) den beiden neuen Vorschlägen (*Patch-Per-Unit area* und *Square Pixel*) von Frohn (1998)

ist noch ausstehend.

6 Neue Zerschneidungsmaße: Zerteilungsgrad, Zerstückelungsindex und effektive Maschengröße

In Kapitel 6 werden drei neue Maße zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung eingeführt:

- Zerteilungsgrad D (*degree of landscape division*),
- Zerstückelungsindex S (*splitting index*) oder effektive Maschenzahl (*effective mesh number*),
- effektive Maschengröße m_{eff} (*effective mesh size*).

Diese Methode hat mehrere Vorteile gegenüber den Methoden der bisherigen Untersuchungen:

- Die Methode aggregiert die Informationen über die Landschaftszerschneidung zu einem einzigen, leicht erfassbaren Wert.
- Die Methode beachtet sämtliche im „Netz“ der Infrastrukturtrassen und Siedlungsgebiete, welches die Landschaft durchzieht, verbleibenden Flächen und berücksichtigt sie entsprechend ihrer Größe. Sie ist ein möglichst allgemeines Maß, das zu allen sieben in Abschnitt 1 genannten Problemfeldern einen Bezug herstellt.
- Sie vermittelt eine rasche vergleichende Einschätzung von verschiedenen Landschaftsräumen unterschiedlicher Größe anhand eines quantitativen Maßes.
- Die Methode ermöglicht eine einfache Ermittlung und Darstellung der Trendentwicklung durch die Angabe einer Zeitreihe für das untersuchte Gebiet (Monitoring-Funktion).
- Sie ist durch die Überprüfung anhand von Eignungskriterien (im systematischen Vergleich mit anderen quantitativen Maßen) wissenschaftlich abgesichert.
- Die Methode kann auf einfache Weise so erweitert werden, dass sie auch die Nachbarschaftsbeziehungen der Flächen mit einbezieht (über die „Barrierestärke“ β mit $0 \leq \beta \leq 1$; Abschnitt 6.4, Jaeger, *in Vorb.*).

Die effektive Maschenweite ist dafür geeignet, die Zerschneidung von Gebieten unterschiedlicher Gesamtgröße sowie mit differierenden Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsfläche zu vergleichen. Sie reagiert auf fünf der sechs Fragmentierungsphasen aus Abb. 3.1. Zudem bietet die Methode mittelfristig die Möglichkeit zur Festlegung von Grenz-, Richt- oder Zielwerten auf der Basis der ermittelten Ergebnisse (Jaeger 2001a).

Die Definition der drei neuen Maße erfolgt in Verbindung mit drei Hilfsgrößen, welche sich ebenfalls als Zerschneidungsmaße eignen:

- Kohärenzgrad C (*coherence*),
- Zerstückelungsdichte s (*splitting density*) oder effektive Maschendichte (*effective mesh density*),
- Netzprodukt N (*net product*).

Diese sechs Größen werden in ihren Eigenschaften diskutiert (Abschnitt 6.2), mit anderen Zerschneidungsmaßen aus Kapitel 5 verglichen (Abschnitt 6.3) und anschließend auf die Untersuchungsgebiete angewendet (Kapitel 7). Abschnitt 6.4 stellt dar, wie sich die neuen Maße topologiesensitiv erweitern lassen, um ihre Aussagekraft zu erhöhen.

6.1 Definitionen

Die drei neuen Zerschneidungsmaße drücken auf unterschiedliche Weise denselben zugrundeliegenden Gedanken aus: *dass zwei Tiere, die an zwei verschiedenen Orten irgendwo in der betrachteten Region ausgesetzt werden, einander mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit begegnen können oder nicht*. Je mehr Barrieren in die Landschaft eingefügt werden, umso geringer wird die Begegnungswahrscheinlichkeit. Der Kohärenzgrad C gibt beispielsweise die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass sich die beiden ausgesetzten Tiere in der selben Restfläche befinden – mit anderen Worten: die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich zwei Tiere, welche vor der Zerschneidung ungehindert über die gesamte Fläche laufen konnten, in der selben Restfläche befinden, wenn zu einem zufälligen Zeitpunkt das Netz der trennenden Linien und Flächen über das Gebiet gelegt wird.

Dieser Ansatz berücksichtigt die *Größen* von unzerschnittenen Flächen und die *Erreichbarkeit* von Flächen. Diese beiden Faktoren beeinflussen die Extinktion wesentlich. Sie sind eng korreliert mit dem Isolationsgrad von (Teil-)Habitaten und der Trennung von Subpopulationen einer Metapopulation. Für das Überleben von Metapopulationen und einen ausreichenden Genaustausch ist eine Begegnungsmöglichkeit von Tieren derselben Art nicht nur vorteilhaft, sondern notwendig. Wesentliche Vorteile dieses Ansatzes sind die Verbindung zum Begriff der *landscape connectivity* und die Möglichkeit, den Ansatz entsprechend auszudehnen, um weitere Aspekte des Landschaftswiderstandes zu berücksichtigen, z.B. die Überwindbarkeit von Barrieren und die relative Lage der Flächen (vgl. Abschnitt 6.4). Für den Fall, dass die Barrieren zwischen den Flächen für die betrachtete Tiergruppe unüberwindbar sind und die Begegnungswahrscheinlichkeit der Tiere innerhalb der selben Fläche gleich 1 ist, ist dies äquivalent mit der Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte in der Region innerhalb der selben unzerschnittenen Fläche liegen.

Die unterschiedlichen Barrierestärken werden nachträglich dadurch berücksichtigt, dass *verschiedene Zerschneidungsebenen* betrachtet werden (Kapitel 7).

Aufgrund ihrer Einfachheit wird für die Berechnung der drei neuen Maße nur ein sehr geringer Dateninput benötigt. Sie verbinden die Vorteile einer möglichst starken Aussage bei geringem Datenbedarf und einfacher Berechenbarkeit mit einer großen Robustheit gegenüber kleinen Schwankungen in der Genauigkeit der Eingabedaten.

Die sechs Größen werden in den folgenden Abschnitten, ausgehend vom Kohärenzgrad C , nacheinander eingeführt. Für den praktischen Gebrauch sind vor allem die effektive Maschenweite m_{eff} , der Zerstückelungsindex (effektive Maschenzahl) S und der Zerteilungsgrad D geeignet. Auf die übrigen Größen kann bei speziellen Überlegungen nach Bedarf zurückgegriffen werden. Da die sechs Größen ineinander umgerechnet werden können, kann grundsätzlich frei gewählt werden, mit welcher Größe gearbeitet wird.

Andererseits besitzen die Größen unterschiedliche Eigenschaften und Interpretationen, so dass es sich anbietet, das dem jeweiligen Verwendungskontext am besten entsprechende Maß vorzuziehen. Gesucht sind in der Regel solche Maße, mit denen ein Vergleich der Zerschneidung von Gebieten unterschiedlicher Gesamtgröße sowie mit differierenden Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsfläche möglich ist. Zu diesem Zweck ist am besten die effektive Maschengröße m_{eff} geeignet (Abschnitt 6.1.4).

In den folgenden Definitionen bezeichnet $\Phi = \{F_i | i = 1, \dots, n\}$ die Menge aller verbleibenden (unzerschnittenen) Flächen einer Region, die in n Flächen oder "Patches" zerteilt wurde. Die Gesamtfläche der Region ist $F_g \geq \sum F_i$.

6.1.1 Kohärenzgrad C

Der Kohärenzgrad C (C für *coherence*) einer in n Flächen $F_i, i = 1, \dots, n$ zerteilten Landschaft ist ein Ausdruck für die Möglichkeit, dass zwei Tiere, die zufällig (und unabhängig voneinander) im Gebiet ausgesetzt werden, einander begegnen können: C gibt die *Wahrscheinlichkeit dafür an, dass sich die beiden ausgesetzten Tiere in der selben Restfläche befinden*. Mit anderen Worten: Der Kohärenzgrad C gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass sich zwei Tiere, welche vor der Zerschneidung ungehindert und unabhängig voneinander über die gesamte Fläche laufen konnten, in der selben Restfläche befinden, wenn zu einem zufälligen Zeitpunkt das Netz der zerschneidenden Linien über das Gebiet gelegt wird.

Die Wahl dieser Definition ist durch mehrere Punkte begründet:

1. *Einfachheit*: Das Aussetzen von zwei Individuen ist eine möglichst einfache Modellvorstellung, um die Zerschneidungssituation durch eine Wahrscheinlichkeit zu kennzeichnen; weitere Individuen sind dafür nicht unbedingt nötig, ein Individuum allein ist nicht hinreichend.
2. *Anschauliche Interpretation als Überlebensbedingung*: C ist direkt interpretierbar als ein Faktor, der die Überlebensfähigkeit von Tieren beeinflussen kann, denn die Begegnungsmöglichkeit von Tieren ist Voraussetzung für ihre Fortpflanzung und damit für das Überleben einer Art.
3. *Mathematische Eigenschaften*: C hat mehrere vorteilhafte mathematische Eigenschaften; z.B. ist C relativ unempfindlich gegenüber dem Einbezug oder Weglassen kleiner und kleinster Restflächen. Vor allem lässt sich mit C ein intensives Maß definieren: die effektive Maschengröße m_{eff} (Abschnitt 6.1.4).
4. *Graphische Veranschaulichung von C* : Der Kohärenzgrad lässt sich im kumulierten Größenverteilungsdiagramm graphisch darstellen als die Fläche oberhalb der Kurve. Dadurch lässt sich diese Größe auf direkte Weise veranschaulichen. Der

Wert von C ist gleich dem Verhältnis der oberhalb der Kurve liegenden Fläche zur Gesamtfläche des Diagramms (siehe die Beispiele in der Langfassung). Damit ist dieses Maß deutlich einfacher zu berechnen und zu interpretieren als z.B. der relative Zerschneidungsindex PI_{rel} (vgl. Kapitel 5). Die Siedlungsflächen werden im kumulierten Größenverteilungsdiagramm als "Sockel" im Sinne einer "total zerschnittenen" Fläche sichtbar, in der für die ausgesetzten Tiere keine Begegnung und kein Überleben möglich ist (vgl. die Darstellungen in der Langfassung, S. 161f, sowie in Jaeger 2000a).

Allgemein beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tier in der Fläche F_i ausgesetzt wird, für jedes Tier $\frac{F_i}{F_g}$, wobei F_g die Größe der gesamten Fläche bezeichnet, in der die Tiere ausgesetzt werden können: $F_g \geq \sum F_i$. Daher drückt $\left(\frac{F_i}{F_g}\right)^2$ die Wahrscheinlichkeit aus, dass beide Tiere sich in der selben Teilfläche F_i befinden. Für den Kohärenzgrad ergibt sich

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_g}\right)^2 = \frac{1}{F_g^2} \sum_{i=1}^n F_i^2.$$

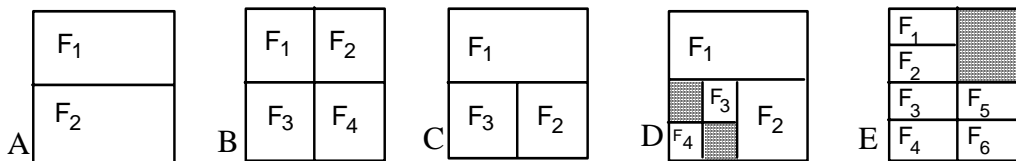
Der Kohärenzgrad liegt stets zwischen 0 und 100% (vgl. die Beispielsammlung in Kasten 6.1). Je größer die Zerschneidung einer Landschaft ist, desto geringer ist der Kohärenzgrad. Wenn ein Tier außerhalb der verbleibenden Lebensräume F_i ausgesetzt wird, ist keine Begegnung der beiden Tiere möglich. Dies kann so interpretiert werden, dass ein Tier – oder beide – in einem Bereich ausgesetzt wurden, in dem sie nicht überleben können. Daher liefern diese Fälle keinen Beitrag zu C .

Besonders vorteilhaft am Kohärenzgrad ist, dass die Größe $\sum F_i^2$ relativ robust ist gegenüber der Hinzunahme oder dem Weglassen sehr kleiner Flächen. Dies ist von wesentlicher Bedeutung für die Reproduzierbarkeit der Resultate und unterscheidet den Kohärenzgrad (und die weiteren in diesem Kapitel vorgestellten fünf Größen) von mehreren anderen Maßen, die in der Literatur Verwendung finden, insbesondere der Flächenanzahl n und der Durchschnittsgröße \bar{F} .³¹

³¹ Verschiedene Autoren verwenden in der quantitativen Erfassung oft nicht dieselbe untere Grenze für die kleinste noch berücksichtigte Patchgröße. Bei Reichelt (1979) z.B. ist die untere Grenze der noch berücksichtigten Flächen nicht mit angegeben.

Kasten 6.1: Kurze Anleitung zur Anwendung der Maße

In der Konfiguration A beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass sich beide Tiere in der selben Hälfte befinden, für jede Hälfte $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 25\%$. In B hat die Wahrscheinlichkeit, dass sich beide Tiere im selben Viertel befinden, für jedes Viertel den Wert $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = 6,25\%$, und in C beläuft sich die Begegnungswahrscheinlichkeit zu $1 \cdot 25\% + 2 \cdot 6,25\% = 37,5\%$.

a) Konfigurationen:

$$\Phi_A = \{2\text{ha}, 2\text{ha}\}, \quad \Phi_B = \{1\text{ha}, 1\text{ha}, 1\text{ha}, 1\text{ha}\}, \quad \Phi_C = \{2\text{ha}, 1\text{ha}, 1\text{ha}\}, \text{ etc.}$$

b) Werte der Zerschneidungsmaße:

Kohärenzgrad:

$$C = 50\% \quad C = 25\% \quad C = 37,5\% \quad C = 32\% \quad C = 9,4\%$$

Zerteilungsgrad:

$$D = 50\% \quad D = 75\% \quad D = 62,5\% \quad D = 68\% \quad D = 90,6\%$$

Zerstückelungsindex:

$$S = 2 \quad S = 4 \quad S = 2,67 \quad S = 3,05 \quad S = 10,67$$

Zerstückelungsdichte:

$$s = 0,5 \frac{1}{\text{ha}} \quad s = 1 \frac{1}{\text{ha}} \quad s = 0,67 \frac{1}{\text{ha}} \quad s = 0,76 \frac{1}{\text{ha}} \quad s = 2,67 \frac{1}{\text{ha}}$$

effektive Maschenweite:

$$m_{\text{eff}} = 2 \text{ ha} \quad m_{\text{eff}} = 1 \text{ ha} \quad m_{\text{eff}} = 1,5 \text{ ha} \quad m_{\text{eff}} = 1,3 \text{ ha} \quad m_{\text{eff}} = 0,38 \text{ ha}$$

Netzprodukt:

$$N = 8 \text{ ha}^2 \quad N = 4 \text{ ha}^2, \quad N = 6 \text{ ha}^2, \quad N = 5,25 \text{ ha}^2 \quad N = 1,5 \text{ ha}^2.$$

Kasten 6.1: *Beispielsammlung*: Zusammenstellung der Werte der neuen Zerschneidungsmaße für die Konfigurationsbeispiele A bis E mit $F_g = 4 \text{ ha}$. (Der von Siedlungen bedeckte Flächenanteil ist in den Flächenkonfigurationen symbolisch durch eine Graustufe gekennzeichnet).

6.1.2 Zerteilungsgrad D

Mit abnehmendem Kohärenzgrad eines Gebietes steigt seine Zerteilung an. Entsprechend wird der Zerteilungsgrad D (D für *division*) definiert:

Der Zerteilungsgrad D ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Orte nicht innerhalb der selben Fläche F_i liegen.

$$\text{Es gilt } D(\Phi) = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_g} \right)^2.$$

Der Zerteilungsgrad liegt wie der Kohärenzgrad zwischen 0 und 100%. Es gilt $D + C \equiv 1$.

D kann als die Fläche *unterhalb* der Kurve im Diagramm der kumulierten Flächengrößen veranschaulicht werden (vgl. die Darstellungen in der Langfassung).

Es ist zu beachten, dass mit dem Zerteilungsgrad D eine Verrechnung von Verkleinerungen der Summe der Restflächen einerseits mit der Zerteilung von Flächen andererseits vorgegeben ist. Beispielsweise kann entsprechend der Aussagen von D eine zusätzliche Ausweitung der Siedlungsfläche ausgeglichen werden durch den Rückbau einer Straße.

In die beiden Maße Kohärenzgrad und Zerteilungsgrad gehen nicht die Gesamtfläche, sondern nur die Anteile der Restflächen an der Gesamtfläche $f_i = \frac{F_i}{F_g}$ ein. Ein Vergleich verschiedener Gebiete ist daher mit diesen beiden Maßen nur bei gleicher Gesamtgröße F sinnvoll möglich.

6.1.3 Zerstückelungsindex (effektive Maschenzahl) S

Für verschiedene Zerschneidungssituationen kann bei gleichem Zerteilungsgrad (und gleicher Gesamtfläche) die Anzahl der Teilflächen unterschiedlich sein.³² Diese Feststellung ist Motivation für die Frage, wieviele Teilflächen ein Gebiet mit gleichem Zerteilungsgrad wie eine gegebene Zerschneidungssituation besäße, wenn *alle Teilflächen gleich groß* sein sollen, d.h. dass zwei zufällig ausgesetzte Tiere einander in einem Mosaik aus Flächen mit einer einheitlichen Größe mit der selben Wahrscheinlichkeit begegnen können wie zuvor.

Diese Forderung führt auf einen einfachen Zusammenhang zwischen der gesuchten Anzahl – dem Zerstückelungsindex S – und dem Kohärenzgrad C : Wenn S die Anzahl der Flächen gleicher Größe ist, so ist die Wahrscheinlichkeit für jede einzelne Fläche, dass sich die beiden ausgesetzten Tiere in ihr befinden: $\frac{1}{S} \cdot \frac{1}{S} = \frac{1}{S^2}$. Daher beträgt der Kohärenzgrad $C = S \cdot \frac{1}{S^2} = \frac{1}{S}$.

³² *Beispiel:* $D = 50\%$ für $\Phi_1 = \{1\text{ha}, 1\text{ha}\}$ mit $n_1 = 2$ ebenso wie für $\Phi_2 = \{\frac{1}{3}\text{ha}, \frac{1}{3}\text{ha}, \frac{4}{3}\text{ha}\}$ mit $n_2 = 3$.

Der Zerstückelungsindex (oder die effektive Maschenzahl) S ist definiert als die Anzahl S von Flächen gleicher Größe (von je $\frac{F}{S}$), in die das Gebiet F zu zerteilen wäre, so dass sich die selbe Wahrscheinlichkeit dafür ergibt, dass zwei zufällig ausgewählte Orte in der selben Teilfläche liegen, wie für Φ .

$$\text{Es gilt } S = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_g}\right)^2} = \frac{1}{C} = \frac{1}{1-D}.$$

Im Fall, dass alle n Teilflächen F_i gleich groß sind (und $F = n \cdot F_i$), wird $S = n$, denn es

$$\text{gilt } S = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F}\right)^2} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n^2}} = \frac{1}{n \cdot \frac{1}{n^2}} = n.$$

Je stärker ein Gebiet zerschnitten ist, desto größer wird der Zerstückelungsindex. Der kleinste mögliche Wert von S ist 1 (unzerteiltes Gebiet); nach oben ist S unbeschränkt.

S kann auch als die "effektive Maschenzahl" eines "Netzes" Φ' mit einer festen Maschengröße $\frac{F}{S}$ interpretiert werden, welches über die Landschaft gelegt wurde und das Gebiet in S gleich große Flächen zerschneidet.

6.1.4 Effektive Maschengröße m_{eff}

Mit Hilfe des Zerstückelungsindex S ist es nun möglich, eine *flächenproportional-additive* Größe für die Zerschnittenheit einer Landschaft zu definieren, d.h. einer Größe, die ein Gebiet unabhängig von seiner Ausdehnung kennzeichnet, so wie ein physikalischer Körper durch die intensiven Größen Temperatur, Massendichte oder eine Flüssigkeit durch die Stoffkonzentrationen charakterisiert wird (unabhängig von seinem Volumen): Bei einer Halbierung des Körpers bzw. des Gebietes bleibt diese Größe konstant, und bei einem Zusammenfügen zweier Körper bzw. Flüssigkeiten (bzw. Gebieten) mit unterschiedlichen Ausgangswerten c_1 und c_2 hat das Gesamtobjekt (bzw. die Mischung) den gewichteten Mittelwert

$$c = \frac{V_1}{V} c_1 + \frac{V_2}{V} c_2$$

(wobei V_1 und c_1 das Volumen bzw. die Stoffkonzentration, angegeben in Vol.-%, der ersten Flüssigkeit, und V_2 und c_2 für die zweite Flüssigkeit bezeichnen; V ist das Gesamtvolumen $V = V_1 + V_2$ – eine *additive* Größe).³³ Analog gilt für die Kombination

³³ Für eine Definition von extensiven und intensiven, sowie von additiven und flächenproportional-additiven Größen siehe Anhang A sowie Abschnitt 5.2.8 und 5.2.9 in der Langfassung.

zweier Gebiete, die durch Φ_1 und Φ_2 mit den Gesamtflächen $F^{(1)}$ und $F^{(2)}$ beschrieben werden:³⁴

$$m_{\text{eff}}(\Phi_1 \cup \Phi_2) = \frac{F^{(1)}}{F^{(1)} + F^{(2)}} m_{\text{eff}}(\Phi_1) + \frac{F^{(2)}}{F^{(1)} + F^{(2)}} m_{\text{eff}}(\Phi_2).$$

Entscheidend ist, dass mit einer solchen flächenproportional-additiven Größe Gebiete unterschiedlicher Ausdehnung miteinander auf ihre Zerschneidung verglichen werden können.

Die effektive Maschengröße m_{eff} ist definiert als der Flächeninhalt der S (S = Zerstückelungsindex) Flächen gleichen Flächeninhalts, in die das Gebiet F zu zerteilen wäre, so dass sich die selbe Wahrscheinlichkeit dafür ergibt, dass zwei zufällig ausgewählte Orte in der selben Teilfläche liegen, wie für Φ .

$$\text{Es gilt } m_{\text{eff}} = \frac{F_g}{S} = \frac{1}{F_g} \sum_{i=1}^n F_i^2 = F_g \cdot C.$$

6.1.5 Zerstückelungsdichte (effektive Maschendichte) s

Wird die Zerschneidung eines Gebietes durch die Angabe der effektiven Maschenzahl S (Zerstückelungsindex) gekennzeichnet, so kann man danach fragen, wieviele "Maschen" pro Einheitsfläche (z.B. pro km²) vorhanden sind, um ein (weiteres) Maß zu erhalten, mit dem sich die Fragmentierung von Gebieten mit unterschiedlichem Flächeninhalt vergleichen lässt: die Zerstückelungsdichte oder effektive Maschendichte:

Die Zerstückelungsdichte (oder die effektive Maschendichte) s ist definiert als der Quotient aus effektiver Maschenzahl und der Bezugsfläche: $s = \frac{S}{F_g}$.

$$\text{Es gilt } s = \frac{F_g}{\sum_{i=1}^n F_i^2} = \frac{1}{m_{\text{eff}}}.$$

Die Zerstückelungsdichte gibt an, wieviele Maschen pro Fläche ein Netz mit Maschen einer festen Größe und mit gleichem Kohärenzgrad wie eine gegebene Flächenverteilung aufweist. Diese Eigenschaft kann einer Größenverteilung von Flächen quasi "lokal" zugeordnet werden – wie die effektive Maschenweite. Die effektive Maschenweite erfüllt jedoch höhere Ansprüche als die Zerstückelungsdichte, denn sie ist – im Gegensatz zur Zerstückelungsdichte – eine flächenproportional-additive Größe. Diese

³⁴ Der Beweis wird in Abschnitt 6.2.1 der Langfassung gegeben.

Eigenschaft von s , dass sie nicht flächenproportional-additiv ist, ist dadurch begründet, dass der Zerstückelungsindex S keine additive Größe ist.³⁵

6.1.6 Netzprodukt N

Die Tatsache, dass die effektive Maschenweite eine intensive Größe ist, führt auf die Frage, welche Größe die zur effektiven Maschenweite zugehörige extensive Größe ist (vgl. Anhang A in der Langfassung). Der Vollständigkeit halber wird diese Größe in der folgenden Definition mit der Bezeichnung "Netzprodukt" eingeführt:

Das Netzprodukt N ist definiert als das Produkt aus effektiver Maschenweite m_{eff} und der Bezugsfläche F .

$$\text{Es gilt } N = m_{\text{eff}} \cdot F = \sum_{i=1}^n F_i^2 = F^2 \cdot C.$$

Bei der Zusammenfassung mehrerer Gebiete ergibt sich das Netzprodukt des Gesamtgebietes aus der Addition der Netzprodukte der einzelnen Gebiete.

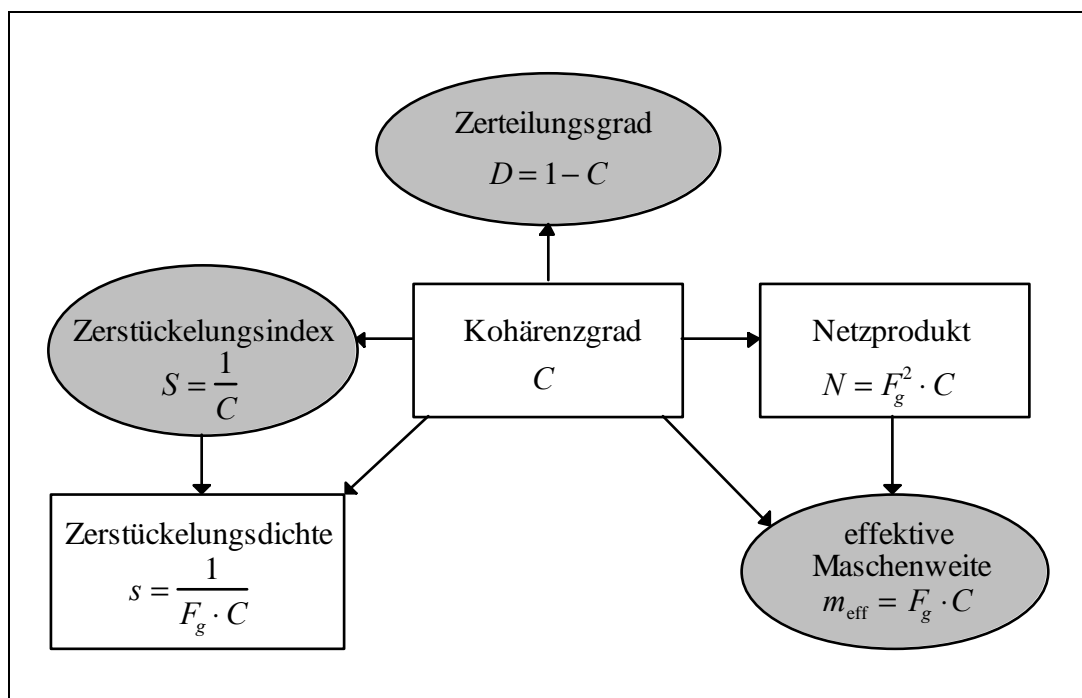


Abb. 6.1: Die Struktur des Zusammenhangs zwischen den drei Zerschneidungsmaßen D , S und m_{eff} (grau unterlegt) und den drei zugehörigen Hilfsgrößen C , s und N (weiße Kästen), aus Jaeger (2000a: 119).

³⁵ Dies wird in Abschnitt 6.2 gezeigt.

6.1.7 Zusammenhang zwischen den neuen Zerschneidungsmaßen

Der Zusammenhang zwischen den Maßen ist in Abb. 6.1 wiedergegeben. Der Kohärenzgrad C stellt das anschaulichste Maß dar, definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Tiere, die an zufälligen Orten in einem Gebiet ausgesetzt werden, einander begegnen können. Im einfachsten Fall, der hier gewählt wurde, wird hierfür die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass sich die beiden ausgesetzten Tiere in der selben Restfläche befinden (Abschnitt 6.1.1).³⁶ Ausgehend vom Kohärenzgrad werden die anderen Maße definiert (Abschnitte 6.1.2 bis 6.1.6). Die mathematischen Beziehungen zwischen den Maßen stellen sich als sehr einfach heraus. Die Maße sind zu drei Paaren (Zerschneidungsmaß und Hilfsgröße) zusammengefasst:

$$(1) \quad D = 1 - C,$$

$$(2) \quad S = F_g \cdot s,$$

$$(3) \quad m_{\text{eff}} = \frac{N}{F_g}.$$

Die Zerschneidungsmaße D , S und m_{eff} sind durch graue Ellipsen, die Hilfsgrößen durch weiße Kästen gekennzeichnet.

6.2 Mathematische Eigenschaften

Mit der effektiven Maschenweite m_{eff} wurde ein flächenproportional-additives Maß gefunden, welches das die Landschaft zerteilende Infrastrukturnetz charakterisiert: Je stärker die Zerschneidung wird, desto geringer wird die effektive Maschenweite. Die Angabe der konkreten Berechnungsvorschrift für m_{eff} belegt, dass die Forderung nach einem flächenproportional-additiven Zerschneidungsmaß tatsächlich erfüllt werden kann (Beweise siehe die Langfassung). Die effektive Maschenweite hat die vorteilhaftesten mathematischen Eigenschaften und ist deshalb von den vorgestellten Maßen für viele Anwendungen am besten geeignet.

Eine additive, zur effektiven Maschenweite korrespondierende Größe ist das Netzprodukt. Die übrigen in diesem Kapitel bisher eingeführten Größen sind weder additiv noch flächenproportional-additiv. Tabelle 6.1 gibt einen Überblick über die mathematischen Eigenschaften der drei Zerschneidungsmaße und der drei Hilfsgrößen. Homogenität von Maßen umfasst (unter anderem) Intensität und Extensität. Ein Landschafts-

³⁶ In Abschnitt 6.4 wird zudem die Möglichkeit, die Barrieren zwischen den Flächen zu überwinden, miteinbezogen.

maß ist *intensiv*, wenn sein Wert bei einer Vervielfachung des Gebietes gleich bleibt (während die Patches ihre absolute Größe beibehalten, d.h. nur in ihrer Anzahl vervielfacht werden). Ein *extensives* Maß hingegen vervielfacht sich in seinem Wert mit dem selben Faktor, mit dem das Gebiet multipliziert wird.

Unabhängig von einer Vervielfachung des Gesamtgebietes sind die Zerstückelungsdichte und die effektive Maschenweite, d. h. für das vervielfachte Gebiet $\Phi' = k \cdot \Phi$ mit $\lambda \in \mathbb{N}$ sind $s' = s$ und $m'_{\text{eff}} = m_{\text{eff}}$ gleich groß wie für Φ , während $S' = \lambda \cdot S$ und $N' = \lambda \cdot N$.³⁷

Maß	Formel	Homogenität			Additivität	
		extensive Größe	intensive Größe	weder extensiv noch intensiv	additiv	flächenproportional-additiv
effektive Maschenweite	$m_{\text{eff}} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n F_i^2$		x			x
Netzprodukt	$N = \sum_{i=1}^n F_i^2$	x			x	
Zerstückelungsindex (effektive Maschenzahl)	$S = \frac{F^2}{\sum_{i=1}^n F_i^2}$	x				
Zerstückelungsdichte	$s = \frac{F}{\sum_{i=1}^n F_i^2}$		x			x
Zerteilungsgrad	$D = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F}\right)^2$				x ¹	
Kohärenzgrad	$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F}\right)^2$				x ²	

¹ D ist nicht homogen.

² C ist homogen vom Grad -1 (vgl. Fußnote 37).

Tab. 6.1: Die drei neuen Zerschneidungsmaße und ihre wichtigsten mathematischen Eigenschaften (Homogenität, Additivität). Zu jedem Zerschneidungsmaß ist die zugehörige Hilfsgröße hinzugefügt. N = Zahl der Patches, F_i = Größen der Patches ($i = 1, \dots, n$), F_g bezeichnet die Gesamtfläche des Gebietes. (Für eine Definition von Homogenität und Additivität für strukturelle Maße vgl. Anhang A der Langfassung.)

³⁷ Für den Kohärenzgrad C und den Zerteilungsgrad D gilt:

$$C' = \frac{1}{(\lambda F)^2} \lambda \sum F_i^2 = \frac{1}{\lambda} C, \quad D' = 1 - \frac{1}{\lambda} C = \frac{1}{\lambda} D + 1 - \frac{1}{\lambda},$$

d.h. C ist homogen vom Grad -1 , und D ist nicht homogen.

Zu jeder extensiven Größe G erhält man durch Division mit F_g eine intensive Größe $g = \frac{G}{F_g}$ (und umgekehrt). Dieses Verhältnis zueinander haben der Zerstückelungsindex S und die Zerstückelungsdichte s , aber auch das Netzprodukt N und die effektive Maschenweite m_{eff} . Jedes additive Maß ist extensiv, und jedes flächenproportional-additive Maß ist intensiv. Die Umkehrung hiervon gilt jedoch im Allgemeinen nicht.

Dass eine Größe flächenproportional-additiv ist, bedeutet eine stärkere Eigenschaft als wenn sie lediglich intensiv ist. Beispielsweise ist die effektive Maschengröße der Kombination von zwei Gebieten, die gleich groß, aber unterschiedlich stark zerschnitten sind, gegeben durch den Mittelwert

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{2} (m_{\text{eff}}^{(1)} + m_{\text{eff}}^{(2)})$$

In der Literatur sind bisher keine flächenproportional-additiven Zerschneidungsmaße bekannt – außer einigen sehr einfachen Maßen wie die Straßendichte l , die wesentliche strukturelle Unterschiede von Zerschneidungsmustern nicht wiedergeben können (vgl. Tab. 6.3).

Fragmentierungsphase	Zerschneidungsmaß								
	D	S	m_{eff}	PI_{rel}	LDI	n	n_{UVR}	\bar{F}	l (l^*)
Perforation	+	+	-	+/0/-	+	0	0/-	-	0 (+)
Inzision	0	0	0	0	+	0	0	0	+
Durchschneidung	+	+	-	+	+	+	+/0/-	-	+
Zerstückelung	+	+	-	+/0/-	+/0/-	+	+/0/-	-	+
Verkleinerung	+	+	-	+/0/-	+/0/-	0	0/-	-	0 (+)
Auslöschung	+	+	-	-	+/0/-	-	0/-	+/0/-	0 (+)

Tab. 6.2: Reaktion der Zerschneidungsmaße auf die sechs Fragmentierungsphasen im Vergleich. Der Zerteilungsgrad D , der Zerstückelungsindex S , die effektive Maschengröße m_{eff} und die Straßendichte l (und l^*) sind die einzigen Maße, welche eine Zunahme der Landschaftsfragmentierung verlässlich durch ein Ansteigen (bzw. Absinken) anzeigen. (D = Zerteilungsgrad, S = Zerstückelungsindex, m_{eff} = effektive Maschenweite, PI_{rel} = relativer Zerschneidungsindex, LDI = Landschaftsdurchschneidungsindex, n = Zahl der Patches, n_{UVR} = Zahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume größer als 100 km², \bar{F} = Durchschnittsgröße der Patches, l = Straßendichte bezogen auf die Gesamtfläche der Region, l^* = Straßendichte bezogen auf die Summe der Patchflächen; - = Maß reagiert auf diese Phase mit einer Abnahme, 0 = Maß reagiert überhaupt nicht auf diese Phase, + = Maß reagiert mit einer Zunahme, +/- = manchmal Zunahme, manchmal Abnahme und manchmal keine Reaktion auf diese Phase.)

6.3 Vergleich der Zerschneidungsmaße und Bezug zum Gefährdungskonzept

Tabelle 6.3 fasst die Ergebnisse des Vergleichs zusammen. Die Tabelle beinhaltet zehn Eignungskriterien, um die neun Maße zu bewerten. Die ersten drei Kriterien – Anschaulichkeit, mathematische Einfachheit und geringer Datenbedarf – werden am besten von den vier einfachsten Maßen erfüllt: der Zahl der Patches n , der Zahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume $> 100 \text{ km}^2$ n_{UVR} , der durchschnittlichen Patchgröße \bar{F} und der Straßendichte l . Der Datenbedarf ist für die übrigen Maße ebenfalls eher gering: Der relative Zerschneidungsindex PI_{rel} benötigt die Flächengrößen einer Referenzkonfiguration, und der Landschaftsdurchschneidungsindex LDI benötigt außer den Patchgrößen noch die Umfänge der Patches. Die drei neuen Maße (Zerteilungsgrad D , Zerstückelungsindex S und effektive Maschenweite m_{eff}) sind zwar nicht ganz so anschaulich wie n , \bar{F} und l , aber anschaulicher als PI_{rel} und LDI . Zwar sind sie mathematisch sehr einfach, doch nicht ganz so einfach wie n , n_{UVR} , \bar{F} und l . Der relative Zerschneidungsindex PI_{rel} ist in mathematischer Hinsicht eindeutig das komplizierteste Maß.

Die nächsten vier Kriterien betreffen die Wiedergabe von Fragmentierungsprozessen. Für die Anwendung in der Praxis sind die Anzahl der Patches n und die Durchschnittsgröße \bar{F} zu empfindlich gegenüber dem Einbeziehen oder Weglassen von sehr kleinen Flächen. Alle übrigen Maße sind demgegenüber weitgehend robust. Das Kriterium der Ungleichbehandlung von fragmentierenden und betroffenen Flächen oder Linien ist bei allen Maßen gewährleistet, bei der Straßendichte zumindest dann, wenn sie auf F_r bezogen wird (d.h. für l^*). Das folgende Kriterium – Monotonie in der Reaktion auf verschiedene Fragmentierungsphasen – ist sehr wichtig bei der Untersuchung realer Landschaften, wenn die verschiedenen Fragmentierungsphasen nicht voneinander getrennt werden können. Lediglich der Zerteilungsgrad D , der Zerstückelungsindex S , die effektive Maschenweite m_{eff} und die Straßendichte l erfüllen dieses Kriterium. Das anschließende Kriterium ist die Fähigkeit, Unterschiede in der Struktur wiederzugeben. Die Sensitivität der Maße auf strukturelle Unterschiede wird anhand von zwei Modellserien von Zerschneidungsmustern untersucht (Abb. 6.10 in der Langfassung). Solche Unterschiede werden durch die vier Maße D , S , m_{eff} und PI_{rel} ausgedrückt sowie zum Teil durch n_{UVR} , während die übrigen vier Maße keine Unterschiede erkennen und daher keine Strukturmaße sind.

<i>als Zerschneidungsmaße vorgeschlagene Größen</i>									
	Anzahl der verbleibenden Flächen	Durchschnittsgröße d. verbleib. Flächen	Verkehrsliniendichte	Anzahl der UVR > 100 km ²	landscape dissection index	relativer Zerschneidungsindex	Zerteilungsgrad	Zerstückelungsindex	effektive Maschenweite
<i>Formel</i>	n	$\bar{F} = \frac{\sum F_i}{n}$	$l = \frac{L}{F_g}$ ($l^* = \frac{L}{F_i}$)	n_{UVR}	$LDI = \frac{\sum P_i}{2\sqrt{\pi F_g} \sum F_i}$	PI_{rel}	$\mathcal{D} = 1 - \frac{\sum \frac{F_i^2}{F_g^2}}{\sum \frac{F_i^2}{F_i^2}}$	$\mathfrak{J} = \frac{F_g^2}{\sum F_i^2}$	$n_{eff} = \frac{1}{\bar{F}_g} \sum_{i=1}^n F_i'$
<i>Quelle</i>	—	—	—	Lassen (1979)	Bowen u. Burgess (1981)	Deggau et al. (1992)	Jaeger (1999) bzw. diese Arbeit (Kap. 6)		
<i>Eignungskriterien:</i>									
1.) Anschaulichkeit	***	***	***	***	*	*	**	**	**
2.) mathematische Einfachheit	***	***	***	***	**	*	**	**	**
3.) geringer Datenbedarf	***	***	***	***	**	**	***	***	***
4.) Robustheit gegenüber Kleinstflächen	-	-	***	***	**	***	***	***	***
5.) Ungleichbehandlung von fragmentierenden und betroffenen Flächen oder Linien	***	***	*	***	***	***	***	***	***
6.) Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen	-	-	**	-	-	-	***	***	***
7.) Sensitivität für Strukturunterschiede ¹	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja
8.) Homogenität (intensiv oder extensiv)	extens	intens.	intens.	extens	intens.	intens.	nein	extens	intens.
9.) Additivität	additiv	nein	flächenproportional-additiv (nein)	additiv	nein	nein	nein	nein	flächenproportional-additiv
10.) Interpretationsfähigkeit als Zerschneidungsmaß	*	*	**	**	*	**	***	***	***

¹ d.h. zwischen den Serien (a) und (b) in Abb. 6.10 in der Langfassung

Tab. 6.3 (linke Seite): Die Ergebnisse des Vergleichs der Zerschneidungsmaße anhand von neun Eignungskriterien. (- = nicht erfüllt, * = teilweise erfüllt, ** = überwiegend erfüllt, *** = sehr gut erfüllt). (D = Zerteilungsgrad, S = Zerstückelungsindex, m_{eff} = effektive Maschenweite, PI_{rel} = relativer Zerschneidungsindex, LDI = Landschaftsdurchschneidungsindex, n = Zahl der Patches, n_{UVR} = Zahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume, \bar{F} = durchschnittliche Patchgröße, l = Straßendichte bezogen auf die Gesamtfläche, l^* = Straßendichte bezogen auf die Summe der Patchgrößen.) Das Kriterium 10 fasst die Kriterien 1.), 5.), 6.) und 7.) zusammen (verändert aus Jaeger 2000a: 126).

Die Kriterien 8 und 9 bezeichnen mathematische Eigenschaften, welche für die Anwendbarkeit der Maße von Bedeutung sind: Die Intensität eines Maßes (d.h. Unabhängigkeit von der Gebietsgröße) ist eine notwendige Bedingung, um Gebiete unterschiedlicher Größe miteinander vergleichen zu können. D , S und n sind nicht intensiv, sie sind daher nur für den Vergleich von Gebieten gleicher Größe oder für die zeitliche Entwicklung der Fragmentierung eines Gebietes geeignet. Flächenproportionale Additivität ist eine deutlich strengere Anforderung als Intensität. Erfüllt wird sie von der effektiven Maschenweite und der Straßendichte. Die effektive Maschenweite ist daher das einzige Maß, welches flächenproportional-additiv ist und strukturelle Unterschiede wiedergibt. Sie vereint die Vorteile eines intrinsischen und strukturellen Maßes und erfüllt insgesamt mehr Eignungskriterien als alle übrigen Zerschneidungsmaße.

Das abschließende Kriterium betrifft die Frage, in welchem Grade die Größen tatsächlich als Maße für die Landschaftszerschneidung oder -fragmentierung verstanden werden können, und stützt sich auf die Kriterien (1), (5), (6) und (7). Gemäß diesen vier Eignungskriterien sind die drei neuen Größen uneingeschränkt als Zerschneidungsmaße interpretierbar, während die übrigen sechs Größen in ihrer Eignung mehr oder weniger stark beschränkt sind. Zugespitzt formuliert sollten in der Praxis daher die drei alten Maße n , \bar{F} und PI_{rel} durch die drei neuen Zerschneidungsmaße ersetzt werden:

$$\begin{array}{lll} n & \longrightarrow & S; \\ \bar{F} & \longrightarrow & m_{\text{eff}}; \\ PI_{\text{rel}} & \longrightarrow & D. \end{array}$$

Lediglich für die Phase der Inzision sollten außerdem die Verkehrsnetzdicke l^* oder der Durchschneidungsindex LDI eingesetzt werden.

Die Zerschneidungsmaße können – ähnlich wie andere Landschaftsindizes – dazu eingesetzt werden, um

- die zeitliche Entwicklung des Nutzungsmusters einer Landschaft zu dokumentieren und Hypothesen hierzu zu überprüfen (insbesondere für langsame Veränderungen über große Zeiträume),
- die Zerschneidung einer Landschaft räumlich differenziert zu erfassen und zu bewerten und um mehrere Gebiete miteinander zu vergleichen,

- die Existenz von Korrelationen zwischen strukturellen Eigenschaften, Landschaftsfunktionen und der Richtung von Veränderungen zu überprüfen,
- Hypothesen über die Existenz und die Lage kritischer struktureller Landschaftsveränderungen zu quantifizieren.

Darüberhinaus beschreiben die Zerschneidungsmaße die Konfiguration einer Landschaft bzw. Konfigurationsveränderungen, die sich im Konzept der Umweltgefährdung (vgl. Kap. 2) als potenzielle Beeinträchtigungen bestehender Funktionen des Naturhaushaltes beschreiben (und bewerten) lassen – vor allem im Sinne einer Verringerung der Erreichbarkeit von Habitaten (oder einer Erhöhung des Raumwiderstandes). Gesucht werden Orientierungsmaße ("*proxy measures*"), welche nicht die – unübersehbare – Fülle möglicher Detailinformationen wiedergeben, sondern sich auf einige Kernaussagen über wesentliche Entwicklungstrends und über Trendänderungen beschränken (Turner und Gardner 1991, Schmidt-Bleek 1993, Berg und Scheringer 1994, Geoghegan et al. 1997). Für die Bewertung des einzelnen landschaftszerschneidenden Eingriffs lässt sich sein Beitrag zur Erhöhung der Landschaftszerschneidung mit diesen Maßen quantifizieren.

Diese Diskussion wird in Teil III fortgesetzt, um die Sichtweisen und Argumente der befragten Expertinnen und Experten zum Begriff der "Erheblichkeit" von Eingriffen mit einzubeziehen (vgl. insbes. Abschnitt 11.3).

6.4 Anwendungsbereiche der topologiesensitiven Maße

In den Abschnitten 6.5.1 bis 6.5.3 der Langfassung werden die topologiesensitiv erweiterten Maße $D(\beta)$, $S(\beta)$ und $m_{\text{eff}}(\beta)$ eingeführt. Dafür wird die Möglichkeit einer Barrierenüberquerung einbezogen: Die Barrierestärke β bringt die Überwindungsschwierigkeit für die betrachtete Tierart zum Ausdruck ($\beta = 1$: Überwindung unmöglich, $\beta = 0$: keine Barrierewirkung). Damit wird es möglich, die Auswirkungen der Anordnung der Flächen auf den Grad der Zerschneidung in Abhängigkeit von der Barrierestärke β quantitativ darzustellen. Dies wird an mehreren Beispielen zum Vergleich des Einflusses der Barrierestärke, der Lagebeziehungen, der Flächenanzahl und des Siedlungsflächenwachstums durchgeführt. Eine Darstellung dieser Maße übersteigt den Rahmen des vorliegenden Arbeitsberichtes, siehe aber Jaeger (1999, 2001b, *in Vorb.*).

Gegenüber den topologieunabhängigen Zerschneidungsmaßen haben die topologiesensitiven Maße mehrere Vorteile:

- *Überwindbarkeit von Barrieren*: Durch die Einführung des Parameters β (Barrierestärke) wird die Möglichkeit der Überwindung von Barrieren durch die betrachteten

Tierarten (bzw. die Erholungssuchenden) explizit mit einbezogen. Unterschiedliche Tierarten können die Zerschneidungslinien unterschiedlich häufig und mit unterschiedlichem Erfolg überwinden. Die Barrierestärke β fasst das Ablenkungs- und Umkehrverhalten der Tiere und die Überquerungsmortalität zusammen.

- *Netzbetrachtung und Einbezug der Nachbarschaftsverhältnisse*: Die topologiesensitiven Maße geben die Nachbarschaftsbeziehungen der Zerschneidungsmuster wieder. Damit leisten sie eine – häufig geforderte, aber bisher nur vereinzelt erreichte – Netzbetrachtung der Zerschnittenheit der Landschaft, die auch eine Veränderung der relativen Lage der Flächen zueinander erfasst.
- *Analyse von Schnittpunkten des Zerschneidungsgrades verschiedener Zerteilungsmuster*: In Abhängigkeit davon, wie leicht oder wie schwer die Barrieren überquert werden können, ergeben sich für unterschiedliche Zerschneidungsmuster zum Teil unterschiedliche Reihenfolgen bezüglich ihres Zerschneidungsgrades: Für Tiere, welche die Barrieren nur sehr schwer überwinden können, ist vor allem die Größe der Flächen relevant; für Tiere mit sehr guten Überquerungschancen steht die Zahl der Nachbarflächen stärker im Vordergrund. Dazwischen besteht ein Überschneidungsbereich beider Effekte. Wenn beide Typen des Wanderungsverhaltens zu berücksichtigen sind, zielt der Variantenvergleich für Neuzerschneidungen oder Rückbaumaßnahmen auf eine möglichst geringe Zerschneidung für alle von diesen Tieren vertretenen Werte von β , bzw. es muss zwischen beiden Einflüssen abgewogen werden. Diese Effekte können anhand der Kurven $D(\beta)$, $S(\beta)$ und $m_{\text{eff}}(\beta)$ für die Abwägung übersichtlich dargestellt und diskutiert werden (z.B. Jaeger 2001b).
- *Betrachtung einer begrenzten Anzahl möglicher Barrierenüberwindungen*: Falls nur eine bestimmte Anzahl von Überquerungen für realistisch oder zumutbar (für Erholungssuchende) angesehen wird (bei weiterhin variabler Barrierestärke β), so lässt sich diese Situation durch die Betrachtung der entsprechenden Zahl von Termen aus der Taylorentwicklung der Maße (um $\beta = 1$) analysieren (z.B. Tangente am Punkt $\beta = 1$, falls nur eine Barrierenüberwindung angenommen wird).
- *Weitere Verfeinerungsmöglichkeiten*: Es ist die Einführung individueller Barrierestärken β_l ($l = 1, \dots$, Zahl der Barrieren) möglich, um die Trennwirkungen der Barrieren differenzierter darzustellen. Zusätzlich können auch die Beiträge von Grünbrücken und anderen Vernetzungsmaßnahmen (Biotopverbund bzw. Netz eines Landschaftsparks³⁸) zwischen den betrachteten Flächen mit aufgenommen werden, um die Kompensierbarkeit von Zerschneidung durch Vernetzung zu diskutieren.
- *Beschreibung und Bewertung von Konfigurationsänderungen im Sinne des Konzepts der Umweltgefährdung*: Die topologiesensitiven Maße beziehen die Veränderung

³⁸ Zum Konzept eines Landschaftsparks nach dem Rhizom-Ansatz vgl. Regionalverband Stuttgart (1994).

von Lagebeziehungen als Gefährdungsfaktor bei der Erfassung und Bewertung der Landschaftszerschneidung ein.

- *Kartographische Darstellung des Gefährdungsfaktors Zerschneidung*: Eine detaillierte Darstellung des "Zerschneidungsdrucks" in Karten kann auf verschiedene Weisen erfolgen: Einerseits können die Werte der effektiven Maschenweite für bestimmte regelmäßige Ausschnitte (z.B. im Sinne eines "wandernden Fensters") des Untersuchungsgebietes berechnet und der zentral gelegenen Fläche zugeordnet werden. Andererseits lässt sich fragen, welchen Beitrag die einzelnen Flächen an der Begegnungswahrscheinlichkeit der zwei ausgesetzten Tiere insgesamt haben (bzw. welcher effektiven Maschenweite ihr Beitrag entspricht). Auf diesem Wege können *Zerschneidungskarten* durch Farbabstufungen aufzeigen,³⁹ in welchen Bereichen eines Gebietes die Zerschneidung zu besonders geringen Erreichbarkeiten der Flächen führt und wo besonders sensible Bezirke und Engpässe liegen.

7 Anwendung der neuen Zerschneidungsmaße auf die beiden Untersuchungsgebiete

Die Anwendung der drei neuen Zerschneidungsmaße – Zerteilungsgrad D , Zerstückelungsindex S und effektive Maschengröße m_{eff} – auf die beiden Untersuchungsgebiete zeigt zweierlei: Sie veranschaulicht, auf welche Weise die Maße angewendet werden und welche Untersuchungen mit ihnen möglich sind, und zudem belegen die Ergebnisse beispielhaft, wie rasch und wie stark die Landschaftszerschneidung in zwei dicht besiedelten Gebieten Europas im Laufe der letzten hundert Jahre angestiegen ist.

Für die Anwendung der Maße ist eine Einteilung der Flächen und Linien in zerschneidende (bzw. trennende) und von der Zerschneidung betroffene Flächen und Linien notwendig. Hierfür gibt es mindestens drei Möglichkeiten:

- Anwendung auf bestimmte Biotoptypen (z.B. Wälder),
- auf alle Flächen außer den Siedlungs- und Verkehrsflächen,
- auf alle Flächen außer den Siedlungs- und Verkehrsflächen und den intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen.

³⁹ Vgl. ähnliche, z.T. einfachere Darstellungen bei Knauer und Wolter (1980), Lassen (1990), Walz und Schumacher (1997), Kappler (1997).

In dieser Arbeit wird die Anwendungsvariante (b) gewählt (entsprechend den Darstellungen der Untersuchungsgebiete in den Zerschneidungsskizzen von Abb. 3.2 und 3.3).

Die Einführung von vier Zerschneidungsebenen (A bis D) ermöglicht es, die verschiedenen Trennstärken der zerschneidungswirksamen Landschaftselemente zu berücksichtigen und ihre Beiträge zur Zerschneidung zu unterscheiden und zu vergleichen:

- Ebene A: Flüsse, Autobahnen und Hochgeschwindigkeits-Trassen,
- Ebene B: Flüsse, Autobahnen, Hochgeschwindigkeits-Trassen *und Siedlungsflächen*,
- Ebene C: Flüsse, Autobahnen, Siedlungsflächen, *Bäche, alle Eisenbahnstrecken und Hauptstraßen*,
- Ebene D: Flüsse und Bäche, Siedlungsflächen, alle Eisenbahnstrecken *und alle öffentlichen Straßen*.

Eine detailliertere Untersuchung auf einem größeren Maßstab könnte zusätzliche Zerschneidungsebenen unterscheiden, z.B. Feld- und Waldwege auf Ebene E. Einige Tiere werden durch Barrieren aller vier Ebenen in ihrer Bewegungsfreiheit beeinträchtigt, andere sind hingegen kaum empfindlich gegenüber den kleineren Infrastrukturlinien von Ebene C oder D. Daher werden alle vier Zerschneidungsebenen nebeneinander betrachtet.

Die gewählte Einteilung orientiert sich unter anderem an dem Ziel, dass sich die Informationen aus älteren topographischen Karten der beiden Untersuchungsgebiete möglichst konsistent den Ebenen zuordnen lassen, um eine hohe Vergleichbarkeit zwischen beiden Gebieten *und* zwischen verschiedenen Zeitschritten zu erreichen. Damit lassen sich verschiedene Tierarten mit unterschiedlichen Überquerungsfähigkeiten (sowie die Einflüsse auf die Erholungseignung) zugleich diskutieren. Im einzelnen bietet die Wahl mehrerer Zerschneidungsebenen folgende Vorteile:

- Der Vergleich der Ergebnisse von verschiedenen Zerschneidungsebenen zeigt, welchen Beitrag die jeweils zusätzlich berücksichtigten Zerschneidungselemente liefern (z.B. zwischen den Ebenen C und D).
- Für verschiedene Tierarten sind (außer den Ansprüchen an die Flächenqualitäten) unterschiedliche Barrierestärken wirksam. (Ähnliches gilt für die Erholungseignung.) Die parallele Betrachtung mehrerer Zerschneidungsebenen ermöglicht es, verschiedene Artengruppen mit unterschiedlichen Ansprüchen zugleich zu berücksichtigen. Dadurch kann verhindert werden, dass Maßnahmen, die sich auf der einen Ebene als Vorteil darstellen, unbemerkt Nachteile auf einer anderen Ebene zur Folge haben.
- Der Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Zerschneidung auf mehreren Ebenen kann gegebenenfalls eine unterschiedliche Dynamik aufdecken; ähnliches gilt für die Erkennung von Trendänderungen.

- Entsprechend dem betrachteten Maßstab (z.B. für ein Bundesland, für einen Kanton oder für eine Gemeinde) bzw. entsprechend der bearbeiteten Planungsebene können passende Zerschneidungsebenen ausgewählt werden, um die Beiträge von Neuzerschneidungen, Rückbauten und Bereinigungen des Verkehrsnetzes darzustellen und zu bilanzieren.

Mit der Anwendung der drei neuen Maße auf unterschiedlichen Zerschneidungsebenen ist es möglich, Konzepte zur Veränderung der Verkehrsnetze in Landschaften daraufhin zu untersuchen, welche Netzstruktur zu einer Minimierung der Landschaftszerschneidung führt (Entwurf neuer, zerschneidungsärmerer Verkehrsnetze). Beispiele für solche Ansätze werden in Abschnitt 7.2.4 und 7.2.5 der Langfassung angesprochen.

Region "Kreuzung Schweizer Mittelland":

<i>Ebene/Maß</i>		<i>geogen</i>	<i>Zeitpunkt [Jahr]</i>				
			<i>1885</i>	<i>1915</i>	<i>1950</i>	<i>1970</i>	<i>1990</i>
<i>Ebene D</i>	<i>D</i>	71,0%	95,7%	95,8%	96,5%	96,9%	97,2%
	<i>S</i>	3,5	23,2	23,8	28,8	32,3	35,6
	m_{eff} [km ²]	52,6	7,8	7,6	6,3	5,6	5,1
	<i>n</i>	5	93	112	111	148	114
<i>Ebene C</i>	<i>D</i>	71,0%	78,2%	78,7%	81,4%	89,8%	91,9%
	<i>S</i>	3,5	4,6	4,7	5,4	9,8	12,3
	m_{eff} [km ²]	52,6	39,6	38,6	33,8	18,5	14,7
	<i>n</i>	5	21	27	57	77	72

Strohgäu:

<i>Ebene/Maß</i>		<i>geogen</i>	<i>Zeitpunkt [Jahr]</i>				
			<i>1900</i>	<i>1925</i>	<i>1950</i>	<i>1975</i>	<i>1995</i>
<i>Ebene D</i>	<i>D</i>	56,3%	96,9%	97,2%	98,3%	98,6%	98,8%
	<i>S</i>	2,3	32,3	35,6	57,6	72,8	81,8
	m_{eff} [km ²]	110,8	7,8	7,1	4,4	3,5	3,1
	<i>n</i>	5	74	92	135	146	145
<i>Ebene C</i>	<i>D</i>	56,3%	78,6%	88,1%	92,5%	93,8%	95,8%
	<i>S</i>	2,3	4,7	8,4	13,4	16,2	23,8
	m_{eff} [km ²]	110,8	54,4	30,3	18,9	15,7	10,7
	<i>n</i>	5	13	17	45	47	64

Tab. 7.1: Ergebnisse der Anwendung der Zerschneidungsmaße für die Region „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (KSM) und für das Strohgäu auf zwei Zerschneidungsebenen (für fünf Zeitpunkte sowie für die geogene Zerschneidung). Angegeben sind die Werte des Zerteilungsgrades *D*, des Zerstückelungsindex *S* und der effektiven Maschengröße m_{eff} sowie die Patchanzahl *n* (aus Jaeger, *inger.*).⁴⁰

⁴⁰ Abweichungen gegenüber den Werten in Müller et al. (1998: 58f) erklären sich aus der dortigen Verwendung von $F_g' = 172,8 \text{ km}^2$ statt korrekt $F_g = 181,5 \text{ km}^2$ sowie durch vereinzelte Umstufungen

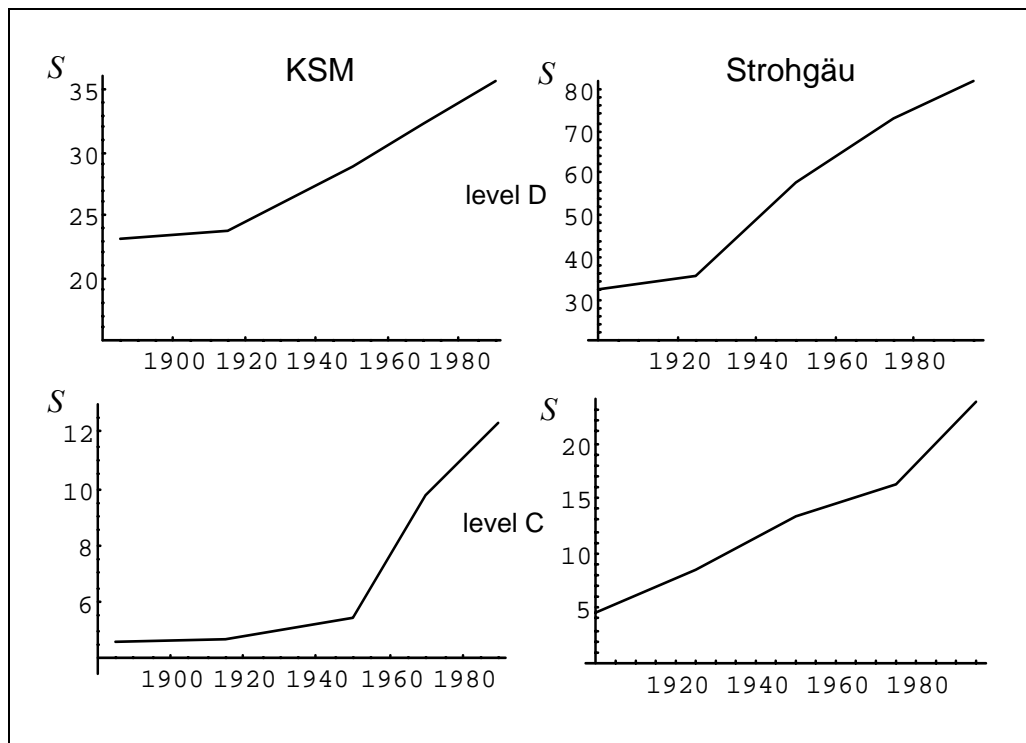


Abb. 7.1: Zeitliche Entwicklung der Landschaftszerschneidung in der Region „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (KSM) und im Strohgäu auf den Zerschneidungsebenen C und D. Die Werte des Zerstückelungsindex S geben die Entwicklung während der letzten hundert Jahre wieder (aus Jaeger, *eing.*).

Die Zunahme der Zerschneidungswirkung aufgrund des gestiegenen Verkehrsaufkommens (*ohne* eine Höherstufung in der Straßenkategorie) wird allerdings nicht berücksichtigt (bei einer feineren Differenzierung der Zerschneidungsebenen wäre dies aber möglich), d.h. dass die Zunahme der Landschaftszerschneidung während der letzten hundert Jahre noch höher liegt, als es die vorliegenden Ergebnisse zum Ausdruck bringen.

Die effektive Maschenweite beträgt in der Region "Kreuzung Schweizer Mittelland" (KSM) derzeit $5,1 \text{ km}^2$ (auf Ebene D) und im Strohgäu $3,1 \text{ km}^2$, d.h. sie wurde gegenüber der geogenen Situation um 90% bzw. 97% reduziert.⁴¹ Während der letzten 100 Jahre hat sich die anthropogene Zerschneidung immer weiter und in einer sich beschleunig-

von Verkehrslinien zu einer anderen Zerschneidungsebene, insbesondere bei älteren Karten, um eine möglichst konsistente und vergleichbare Zuordnung für KSM und Strohgäu zu erzielen.

⁴¹ Die „geogene Zerschneidung“ bezeichnet die Zerschneidung der Landschaft aufgrund naturgegebener Barrieren wie Flüsse und größere Bäche oder steile Felswände. Sie wird als ein Vergleichswert berechnet (auf allen vier Zerschneidungsebenen), um das Ausmaß der zunehmenden Entfernung des anthropogenen Wertes vom geogenen Wert quantifizieren zu können.

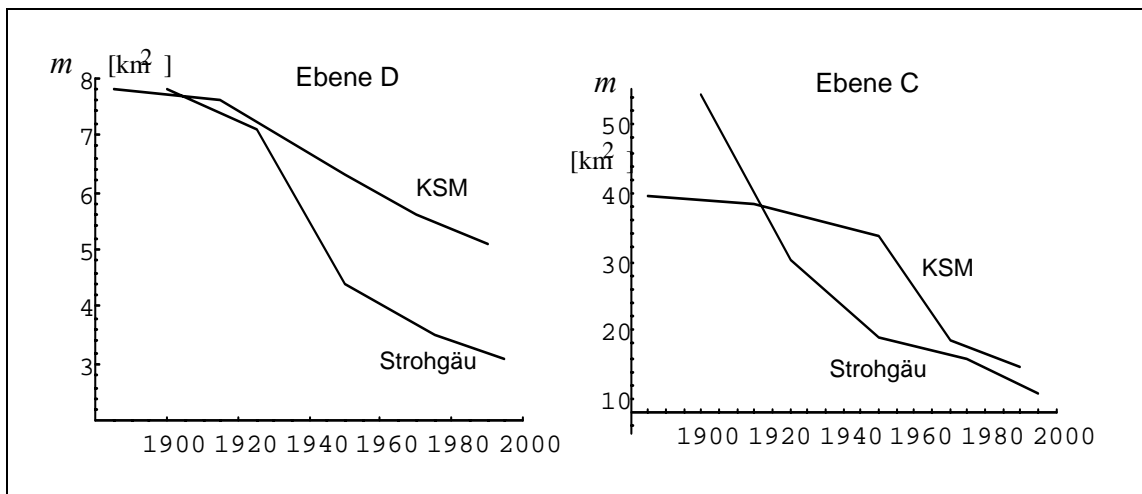


Abb. 7.2: Vergleich des Zerschneidungsgrades in der Region „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (KSM) und im Strohgäu. Die Werte der effektiven Maschengröße m_{eff} werden für beide Regionen jeweils auf den Ebenen C und D dargestellt (aus Jaeger, *inger.*).

nigenden Entwicklung von der geogenen Situation entfernt: Von 1900 bis 1995 nahm der Zerstückelungsindex S im Strohgäu vom 2,0-fachen des geogenen Wertes bis zum 10,0-fachen des geogenen Zerschneidungsgrades zu (auf Ebene C); in der Region "Kreuzung Schweizer Mittelland" stieg der Zerstückelungsindex vom 1,3-fachen der geogenen Zerschneidung im Jahr 1885 auf das 3,5-fache (Tab. 7.1, Abb. 7.1).

Im Anschluss an die getrennte Diskussion der zeitlichen Entwicklung für jedes Untersuchungsgebiet einzeln werden die Entwicklungen beider Gebiete anhand der effektiven Maschenweite direkt vergleichbar gemeinsam dargestellt (Abb. 7.2). Außerdem können mehrere Teilräume im gegenwärtigen Zustand mit der effektiven Maschenweite miteinander verglichen werden (Jaeger, *inger.*).

Die Ergebnisse deuten auf eine regelmäßige Abfolge des Auftretens der Zerschneidungsphasen hinsichtlich

- der zeitlichen Reihenfolge (beginnend mit Perforation und Inzision und endend mit Auslöschung),⁴²
- der räumlichen Abfolge (beim Übergang vom ländlichen Raum bis zu den Agglomerationen und Großstädten) sowie
- der Abfolge der betroffenen Zerschneidungsebenen (beginnend auf Ebene D bis hin zur Ebene A).

Die abschließende Analyse zweier Leitbilder (Szenario "Moving Lines" aus dem ETH-Projekt "Synoikos" für die Region "Kreuzung Schweizer Mittelland" und das "Oasen-Konzept" des Verkehrsclubs Deutschland für das Strohgäu) zeigt, wie sich Gestaltungsvorschläge für künftige Verkehrsnetze mit den neuen Zerschneidungsmaßen hinsichtlich

⁴² Damit bestätigen die Ergebnisse die Beobachtungen von R. Forman (1995: 408).

ihres Beitrags zur Landschaftszerschneidung überprüfen lassen. Somit eignen sich die neuen Maße auch als ein Instrument für den Entwurf neuer, zerschneidungsärmerer Verkehrsnetze. Für eine landesweite Zerschneidungsanalyse mit der effektiven Maschenweite siehe Jaeger et al. (*einger.*). An der Akademie für Technikfolgenabschätzung findet die effektive Maschenweite Verwendung als Nachhaltigkeitsindikator im Bereich Biodiversität im *Statusbericht „Regionale Nachhaltigkeit in Baden-Württemberg“* (Renn et al. 2000a, 2000b) sowie im Projekt *„Integrierte Wirtschafts- und Mobilitätskonzepte für Refugien im Rahmen Nachhaltiger Entwicklung“* (Brenner et al. 2001).

Teil III: Wahrnehmung und Beurteilung der Landschaftszerschneidung und ihrer Folgeprobleme

8 Vorgehen bei der Durchführung der Befragung

Handlungen und Verhaltensänderungen setzen Bewertungen und Entscheidungen voraus. Probleme im Mensch–Umwelt-Verhältnis erfordern daher für ihr Verständnis und die Entwicklung von Lösungsvorschlägen die Betrachtung von Handlungsintentionen. Entscheidungen werden von Akteuren gefällt, und deren Kenntnisse, Interpretationen und Präferenzen sind es, die zu einer bestimmten Entscheidung führen. Direkt zugänglich sind Informationen über die Wahrnehmungen und Bewertungen der Landschaftszerschneidung und ihrer Folgen nur über eine Befragung.

Die Befragung der vorliegenden Studie umfasst vierzehn mehrstündige qualitative Leitfadeninterviews mit Expertinnen und Experten aus (1) Naturschutz, (2) Verkehrsplanung und (3) Landschaftsplanung u.a. (einschließlich zweier Personen aus Planfeststellung bzw. freies Planungsbüro). Das Ziel qualitativer Befragungen ist nicht Repräsentativität, welche schon aufgrund des hohen Erhebungsaufwandes für jedes einzelne Interview nicht erreichbar ist, sondern die Ermittlung des bestehenden Spektrums an Argumenten, Sichtweisen und Positionen. Die Anzahl der Interviews richtete sich danach, wann eine Sättigung der vorgebrachten Argumente und Perspektiven eintrat. Die Auswahl der Befragten erfolgte nach dem Verfahren des *theoretical sampling* (Lamnek 1989: 362, 381; Flick 1995: 81f).

Die gewählte Form der Befragung stellt eine Mischung aus fokussiertem und problemzentriertem Interview dar. Sie lässt sich über die acht Merkmale Offenheit der Fragen, wechselnde Kommunikationsform (aber überwiegend zielorientiert fragend), Prozesshaftigkeit des Gesprächs, Flexibilität des Gesprächsablaufs, Explikation von Aussagen der Befragten durch die Befragten selbst, Vorbereitung des Themas als theoretische Grundlage, Kombination von deduktivem und induktivem Vorgehen (Überprüfung von zuvor aufgestellten Hypothesen *und* Gewinnung neuer Hypothesen) und Beachtung der Perspektiven der Befragten genauer kennzeichnen (vgl. auch Abb. 8.1). Der Interviewablauf gliedert sich in sechs Phasen (siehe die Langfassung, S. 250f). Die Befragten wurden um ihre beruflich-fachliche Sicht gebeten. Aus diesem Grund wurden ausschließlich solche Personen angefragt, die mit dem Thema Landschaftszerschneidung beruflich befasst sind. So wurden keine nur ehrenamtlich im Naturschutz Tätigen befragt. Alle brieflich bzw. telefonisch angefragten Personen sagten zu. Dadurch war es möglich, alle gewünschten Personen zu befragen, so dass das theoretisch geforderte Spektrum an befragten Personen tatsächlich ohne Lücken in den erhobenen Interviews vorliegt.

Verknüpfungslinie (Leitfrage)	Frageabsicht und erhoffte Resultate	deskriptive, analytische und normative Anteile der erwarteten Aussagen der Befragten
1. Begriffsverständnis und Kriterien zur Bestimmung des Zerschneidungsgrades	<ul style="list-style-type: none"> • möglichst enge Ankoppelung des Verständnisses von "Zerschneidung" zu geeigneten mathematischen Maßen • Formulierung von generellen Anforderungen an Zerschneidungsmaße 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>desk.</i>: präsenten Wissen über Zerschneidung • <i>analyt.</i>: Begriffsverständnis von "Zerschneidung" • <i>norm.</i>: Präferenzen zwischen alternativen Beschreibungsmöglichkeiten
2. Erheblichkeit eines landschaftszerschneidenden Eingriffs bzw. seines Zerschneidungseffektes	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien und Indikatoren als Ausdruck für die Erheblichkeit • Kriterien für die Charakterisierung und für das Ausmaß der verbleibenden Unsicherheit • ggf. Zusammenhänge zwischen Erheblichkeit und Ungewissheit 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>desk.</i>: Erfahrungswissen über bisherige sowie über mögliche unvorhergesehene Folgen • <i>analyt.</i>: Vergleich mit früheren Eingriffen und mit anderen Regionen • <i>norm.</i>: Schutzwürdigkeit der Landschaft, Grad der Bedrohlichkeit von weiteren Eingriffen
3. Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken eines landschaftszerschneidenden Eingriffs	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretation von "Verantwortung" • Verhältnis von Unsicherheit und Vorsorgeprinzip • Wie geschieht die Umsetzung der Verantwortungspostulate? • Wie wird die Umsetzung den Akteuren zugeschrieben? 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>desk.</i>: ethische Postulate; derzeitiger Stand der Umsetzung • <i>analyt.</i>: Ist-Soll-Vergleich bei der Umsetzung von Verantwortungspostulaten • <i>norm.</i>: gewünschter Umgang mit Folgenwissen und mit Wissenslücken
4. Umgang mit Ungewissheit	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungskriterien und Postulate zur Abwägung bei Ungewissheit • Ansätze zur Lösung von Zielkonflikten unter Ungewissheit 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>desk.</i>: Ausmaß der Wissensdefizite, wahrgenommene Defizite der Bewertungsroutine • <i>analyt.</i>: Eignung von Vorschlägen zur Überwindung der Defizite (möglicher Beitrag und Praktikabilität) • <i>norm.</i>: Vorschläge zur Umsetzung vorsorgeorientierter Strategien
5. Zielvorgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Einschätzung der Notwendigkeit und der Möglichkeit von Zielvorgaben • Beurteilung der Eignung eines Grenz- oder Zielwertes 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>desk.</i>: Erfolg bisheriger Trendänderungsforderungen • <i>analyt.</i>: Stärke der ursächlichen Kräfte der bisherigen Entwicklung • <i>norm.</i>: Frage, ob eine Zielvorgabe zu wünschen ist

Tab. 8.2: Übersicht über die fünf Verknüpfungslinien (Leitfragen), die Frageabsicht und erhoffte Resultate sowie über deskriptive, analytische und normative Anteile der erwarteten Aussagen der Befragten (vgl. auch Tab. 1.1 und Tab. 4.1; Vpl. / Lpl. / Nsch. = Befragte aus dem Bereich Verkehrsplanung / Landschaftsplanung u.a. / Naturschutz).

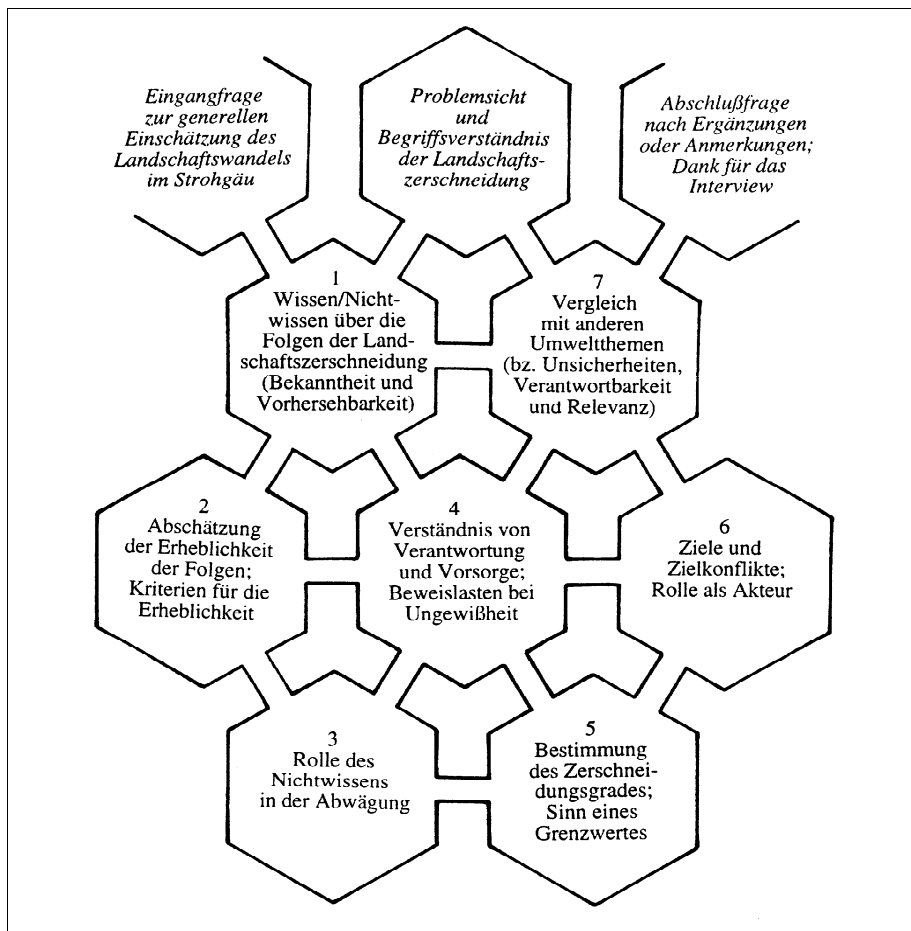


Abb. 8.1: Das "Gebäude" des Interviews mit den "Fragefeldern", beginnend links oben und endend rechts oben. Die Ziffern geben die vom Leitfaden vorgeschlagene Reihenfolge zur Abarbeitung der Fragen an. Die Verbindungswege zwischen den Fragefeldern deuten thematische Berührungspunkte an, denen das Interview in Abhängigkeit vom Gesprächsverlauf folgen kann (d.h. abweichend von der Leitfadensreihenfolge).

Die Transkripte der vierzehn Interviews umfassen insgesamt 779 Seiten:

1. Teil „Verkehrsplanung“: 305 S. (fünf Interviews),
2. Teil „Naturschutz“: 264 S. (fünf Interviews),
3. Teil „Landschaftsplanung“: 210 S. (vier Interviews).

Bei der Durchführung der Interviews ergaben sich keine größeren Komplikationen.⁴³ Allerdings war der Fragebogen-Rücklauf unvollständig: Zu den vierzehn ausgewerteten Interviews habe ich lediglich neun Fragebögen ausgefüllt zurückerhalten (4 aus Gruppe „Naturschutz“, 3 aus Gruppe „Verkehrsplanung“ und 2 aus Gruppe „Landschafts-

⁴³ Ein Interview habe ich nicht in die Transkription und die Auswertung einbezogen, da es sich nicht um ein Experteninterview handelte; ein Interview wurde nach knapp zwei Stunden von den Befragten abgebrochen.

planung“). Ein systematischer Vergleich der mündlichen und der schriftlichen Angaben ist daher nur mit Einschränkungen möglich.

Während der ersten durchgeführten Interviews zeigte sich, dass die Frage, welche Vorstellungen die Befragten für die zukünftige Entwicklung der Landschaftszerschneidung haben, eine wichtige eigenständige Bedeutung hat. Daraufhin habe ich als zusätzliche, fünfte Leitfrage die Diskussion von "Zielvorgaben" gewählt. In diesen Fragensektor flossen die Überlegungen zum Thema "Voraussetzungen für eine Trendwende" ein. Tab. 8.2 gibt außer den Leitfragen, die in Abschnitt 1.4 und Kapitel 4 bereits vorgestellt worden sind (vgl. Tab. 1.1 und Tab. 4.1), auch die Frageabsichten sowie eine Aufgliederung zu erwartender Antworten in ihre deskriptiven, analytischen und normativen Aspekte wieder.

Bei der Durchführung der Befragung zeigten sich vier Nachteile des gewählten Vorgehens: Zeitproblem infolge des recht umfangreichen Leitfadens, Abbruch eines Interviews durch die Befragten, hohe Beanspruchung der Befragten durch Intensität und Detaillierungsgrad der Befragung und Fehlen der politischen Entscheider in der Befragtengruppe. Insgesamt äußerten sich fast alle Befragten positiv zum Ablauf und Anliegen der Interviews. Die Auswertung der Interviewtranskripte orientierte sich an den fünf Leitfragen und den zugehörigen Hypothesen; dabei wurden die Aussagen nach dem Verfahren der Inhaltsanalyse und der Kontrastanalyse zu idealtypischen Positionen verdichtet. Zur Vorbereitung der Befragung dienten außer der Hypothesenaufstellung und der Leitfadenentwicklung mehrere Probeinterviews, die u.a. zu einer Überarbeitung und einer deutlichen Kürzung des Leitfadens führten.

9 Ergebnisse aus der Befragung

Die Interviewergebnisse werden in Kapitel 9 der Langfassung dargestellt. Ihre Zusammenfassung erfolgt in Kapitel 10 (siehe daher das folgende Kapitel).

10 Zusammenfassende Diskussion der Interviewergebnisse

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Ergebnisse aus der Befragung zusammen und zieht erste Schlussfolgerungen aus ihnen. Sie werden anschließend im Kapitel 11 mit den

Ergebnissen aus Teil I und II der Arbeit verbunden. Die Zusammenfassungen sind nach den fünf Leitfragen (vgl. Abschnitt 1.4) geordnet.

Bei der Analyse der Interviews ist zu beachten, dass sich die Untersuchung auf die Sichtweisen der Befragten anhand der von ihnen gemachten Aussagen bezieht und nicht auf eine "objektive" Realität der UVP.⁴⁴ Es sind *diese* Sichtweisen und Interpretationsleistungen der Akteure, welche am Entscheidungsprozess beteiligt sind, die in der Abwägung aufeinandertreffen und letztlich zu einer bestimmten Entscheidung führen (hinzukommen Akteure aus den politischen Gremien, welche Einfluss auf den Ausgang der Abwägung nehmen).⁴⁵ Entsprechend sind die Ergebnisse aus den Interviews zu verstehen, d.h. ihnen liegen die Erfahrungen und Sichtweisen der Befragten zugrunde.

10.1 Zum Verständnis des Begriffes der „Landschaftszerschneidung“

Problemrelevanz

Die Befragten stufen das Thema "Landschaftszerschneidung" als ein mittelgroßes bis sehr großes Umweltproblem ein, vergleichbar mit den Problemen "Energieverbrauch", "Ozonbildung" und "Stickstoffdepositionen" (insbesondere als *Summeneffekt* vieler einzelner landschaftszerschneidender Eingriffe). Tendenziell stufen die Befragten aus der Gruppe "Verkehrsplanung" die Zerschneidung sogar *höher* ein als die drei anderen Umweltprobleme, während die Gruppe "Naturschutz" das Thema im Mittelfeld zwischen den übrigen drei Problemen und Gruppe "Landschaftsplanung" es eher im unteren Bereich der anderen Themen einstuft.

Bei der Einordnung des Themas "Landschaftszerschneidung" im Vergleich mit vier anderen Umweltthemen⁴⁶ im Diagramm "Form der Unsicherheit (Risiko oder Gefährdung) versus Zahl gravierender Folgen" zeigt sich, dass die Landschaftszerschneidung von den Befragten überwiegend als *Gefährdung* und als mit einer hohen bis sehr hohen Zahl gravierender Folgen verbunden eingeschätzt wird. Bei den zwei Gruppen "Naturschutz" und "Landschaftsplanung" liegt die "Landschaftszerschneidung" stärker im Bereich der Gefährdung als andere Themen; in der Gruppe "Verkehrsplanung" hingegen werden zwei Themen höher eingeordnet ("intensive Landwirtschaft" und "Beseitigung von Hecken"). Das Thema "Überschwemmungen" wird durchgehend im

⁴⁴ Einen Vergleich der Interviewaussagen damit, wie Entscheidungen "tatsächlich" ablaufen, habe ich nicht durchgeführt.

⁴⁵ Vgl. hierzu auch Berger und Luckmann (1969).

⁴⁶ Diese Themen sind „intensive Landwirtschaft“, „Überschwemmungen“, „Beseitigung von Hecken“ und „Anlage von Deponien“.

unteren Bereich, d.h. als ein Risiko-Thema eingestuft, "Beseitigung von Hecken" in den Gruppen "Naturschutz" und "Landschaftsplanung" ebenfalls. Für das Thema "Anlage von Deponien" ist bei den Gruppen "Naturschutz" und "Landschaftsplanung" eine etwas tiefere Einstufung als für die "Landschaftszerschneidung" zu erkennen (d.h. die Folgen sind etwas besser bekannt), in der Gruppe "Verkehrsplanung" ist das Bild hier uneinheitlich.

Im Diagramm "Form der Unsicherheit" versus „Verantwortbarkeit des Eingriffes" liegen die vier landschaftszerschneidenden Eingriffe "Straßenausbau", "Straßenneubau", "Neubau von Autobahnen" und "Eisenbahn" für die Gruppe "Naturschutz" deutlich erkennbar überwiegend im *Gefährdungsbereich* und sind tendenziell *unverantwortbar*, in der Gruppe „Verkehrsplanung“ liegen sie fast ausnahmslos weiter unten im *Risikobereich* und sind *verantwortbar*, und in der Gruppe "Landschaftsplanung" liegt die Mehrzahl ebenfalls im Risikobereich und ist *verantwortbar*, doch werden manche Eingriffe hier von einzelnen auch als unverantwortbare Eingriffe mit Gefährdungscharakter eingestuft.

Extensionale Begriffsbestimmung

Die extensionale Begriffsbestimmung von "Landschaftszerschneidung" anhand der Fragmentierungsphasen Perforation, Inzision, Verkleinerung und Auslöschung (Abb. 3.1) sowie einer weiteren Phase "Siedlungsausdehnung entlang bestehender Straßen" führt auf sieben unterschiedliche Positionen (A, B₁, B₂, C – F). Die Positionen reichen von der Ansicht, dass alle fünf Phasen als Beitrag zur Zerschneidung gezählt werden, bis zur Eingrenzung von "Zerschneidung" auf die Phase der Durchschneidung, wobei die Inzision bereits einen Grenzfall darstellt. Es besteht keine Überlappung zwischen den Positionen, die in der Gruppe "Naturschutz" einerseits und in der Gruppe "Verkehrsplanung" andererseits vertreten werden: Die Befragten aus der Gruppe "Verkehrsplanung" vertreten ein enges Begriffsverständnis (d.h. außer Durchschneidung höchstens noch Inzision und Siedlungswachstum entlang von Straßen umfassend), während das Begriffsverständnis in Gruppe der "Naturschutz" viel weiter gefasst ist (d.h. mindestens auch Verkleinerung oder Perforation umfassend). (Die Positionen in der Gruppe "Landschaftsplanung" decken hingegen das gesamte Spektrum ab.) Die Antworten der Befragten zeigen, dass die *funktionale* Betrachtung von "Landschaftszerschneidung" vor allem in der Gruppe "Naturschutz" eine große Bedeutung besitzt. (Entsprechend der funktionalen Betrachtungsweise erhält der *intensionale* Definitionsvorschlag "Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen" im Durchschnitt von den Befragten auch tatsächlich die größte Zustimmung.)

Kriterien zur Bestimmung des Zerschneidungsgrades

Die Frage, welche Kriterien die Befragten für die Bestimmung des Zerschneidungsgrades einer Landschaft heranziehen, wird auf zwei Wegen bearbeitet: Zunächst erhalten die Befragten die Aufgabe, zehn Kriterienvorschläge direkt auf ihre Verwendbarkeit hin einzuschätzen. Dabei finden die Kriterien

- "Größe der verbleibenden Flächen",
- "Zahl der verbleibenden Flächen",
- "Höhe und Breite der eingefügten Barrieren",
- "abnehmende Vernetzung der verbleibenden Flächen" und
- "Reichweite der Strukturveränderung auf die gegenseitige Erreichbarkeit von Flächen"

die größte Zustimmung (in allen drei Befragtengruppen). Es lässt sich hier nicht belegen, dass geometrisch-strukturelle oder funktionale Kriterien in einer Gruppe *grundsätzlich* bevorzugt würden. Beide Arten von Kriterien stehen bei der Einschätzung der

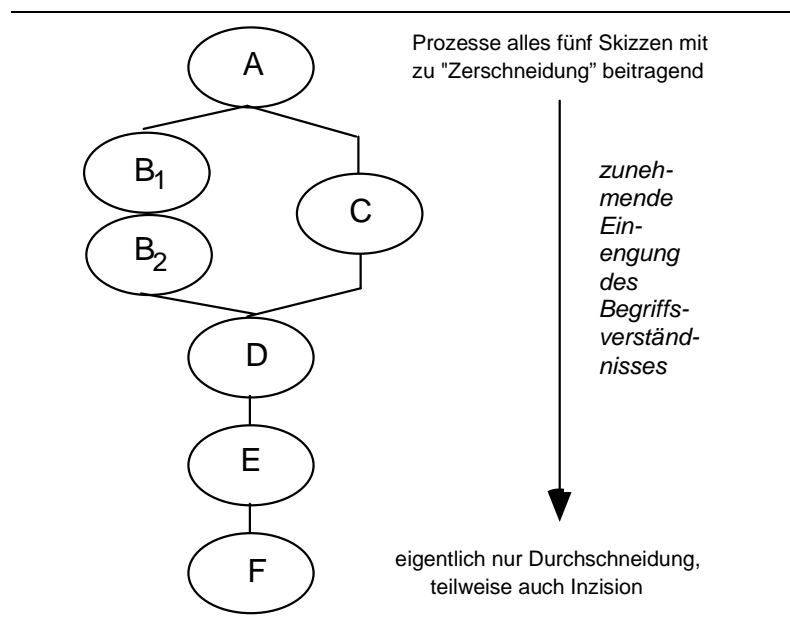


Abb. 10.1: Übersicht zur Anordnung der sieben Positionen A bis F zum Verständnis des Begriffs "Landschaftszerschneidung" nach zunehmender Einengung des Begriffsverständnisses (zu Tab. 9.4).

Tab. 10.1 (rechts): Sieben unterscheidbare Positionen der Befragten zum Verständnis von "Zerschneidung". Jede Position ist durch die einzelnen Prozesse gekennzeichnet, die außer der Durchschneidung noch mit zur "Zerschneidung" gerechnet werden (extensionale Begriffsbestimmung). Angegeben sind zudem die wesentlichen Argumente der Befragten zur Begründung dieses Begriffsverständnisses (*pkt.* = überwiegend funktional orientierte Position, *geom.-str.* = überwiegend geometrisch-strukturell orientierte Position).

<p>A. Siedlung entlang Straßen – Perforation – Inzision – Verkleinerung – Auslöschung</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es besteht eine Störquelle, von der Wirkungen auf die Umgebung ausgehen. • Die Störquelle stellt selbst eine Barriere dar. • Die Verkleinerung oder Auslöschung von Flächen in der Stadt trägt zur Zerschneidung bei, insbesondere wenn die Flächen noch Austauschbeziehungen haben oder Selbstregulationsfähigkeit besitzen <p><i>pkt.</i> <i>2-mal in Gruppe (Nsch.)</i></p>	
<p>B1. Siedlung entlang Straßen – Inzision – Verkleinerung – Auslöschung</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Wanderungsmöglichkeit von Tieren wird durch die Verbreiterung von Barrieren (durch Siedlungen entlang von Straßen) und durch das Verkleinern oder Entfernen von Trittsstein-Flächen eingeschränkt. • Umweg-Überlegungen sind meist <i>nicht</i> relevant, da Tiere kaum Umwege annehmen. • Der mögliche Falleneffekt von Störquellen zählt nicht zur "Zerschneidung". <p><i>pkt.</i> <i>1-mal in Gruppe (Nsch.), 1-mal in (Lpl.)</i></p>	<p>C. Siedlung entlang Straßen – Perforation – Inzision</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • auch Bebauung entlang von Straßen kann Zerschneidung verstärken. • Die Änderung von Nachbarschaftsverhältnissen kann die Zahl der Barrieren erhöhen, die die Tiere überwinden müssen. • Die Tiere müssen Umwege finden, um Barrieren zu umgehen. • Die Häufung von Gebäuden oder Größe von Gebäudekomplexen kann zu Zerschneidung führen, wenn Störungen von ihnen ausgehen. • Verkleinerung und Auslöschung sind keine Landschaftszerschneidung, sondern Landschaftsverbrauch. <p><i>pkt.</i> <i>1-mal in Gruppe (N.), 1-mal in (L.)</i></p>
<p>B2. Siedlung entlang Straßen – Inzision – Verkleinerung</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das <i>Durchschneiden</i> oder <i>Wegschneiden</i> von (Teil-) Lebensräumen zählt zur "Zerschneidung", ebenso das <i>Einschneiden</i>, nicht aber das völlige Auslöschen. • Einzelne mögliche Störquellen zählen nicht zur "Zerschneidung". <p><i>pkt.</i> <i>1-mal in Gruppe (Nsch.)</i></p>	
<p>D. Siedlung entlang Straßen – Inzision</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine Abtrennung von Flächen kann durch geschlossene Bebauung genauso eintreten wie durch einen Verkehrsweg (d.h. nicht nur durch lineare Objekte). • Bei einer Inzision kann ein Ausschnitt in der Darstellung gewählt werden, so daß der Eingriff darin wie eine durchgehende Trennung erscheint. (Bei der Perforation ist das nicht möglich.) <p><i>geom.-str.</i> <i>1-mal in Gruppe (Vpl.)</i></p>	
<p>E. Inzision</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zerschneidung erfolgt ausschließlich durch lineare Objekte. • Eine Siedlung ist flächig und daher keine "Zerschneidung", sondern bedeutet eine "Verkleinerung von Flächen" oder "Zersiedlung". • Das Argument, daß Tiere Umwege laufen müssen, zählt hier nicht; eher zählen "Zerstückelung" und "Verkleinerung von Netzmaschen" (für Inzision) und ob die verbleibenden Teilflächen zusammenhängend sind (gegen Perforation). <p><i>geom.-str.</i> <i>1-mal in Gruppe (Vpl.), 1-mal in (Lpl.)</i></p>	
<p>F. teilweise auch Inzision (doch nur als Grenzfall)</p> <p>Argumente/Kriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "Zerschneidung" bedeutet eine (oder mehrfache) durchgehende lineare Unterteilung. • Inzision ist ein Grenzfall der Bedeutung von "Zerschneidung" (im Sinne von "Teilzerschneidung"). <p><i>geom.-str.</i> <i>2-mal in Gruppe (Vpl.), 1-mal in (Lpl.)</i></p>	

Rangfolge sowohl auf vorderen wie auf hinteren Rängen. Anschließend haben die Befragten mehrmals die Aufgabe, verschiedene Darstellungen von Verkehrsstrecken (und z.T. auch von Siedlungsflächen) hinsichtlich des Zerschneidungsgrades in eine Rangfolge zu bringen. Die Begründungen führen zu einigen weiteren Zerschneidungskriterien und zu Aussagen über das Verhältnis der verwendeten Kriterien untereinander.

Die unterschiedliche Gewichtung von Kriterien, die in einem Konkurrenzverhältnis zueinander stehen, hat zur Folge, dass unter den Befragten keine Übereinstimmung besteht, welche Situation jeweils den höchsten Zerschneidungsgrad besitzt. Beispielsweise stellen die Befürwortenden einer Bündelung von Verkehrslinien eher geometrisch motivierte und die Skeptiker eher funktional begründete Argumente in den Vordergrund. Dass die Befragten nicht grundsätzlich funktionale Zerschneidungskriterien höher einstufen als geometrisch-strukturelle Kriterien, weist darauf hin, dass die Befragten es zumindest bis zu einem gewissen Grad für möglich halten, den Zerschneidungsgrad mit einer geometrisch-strukturellen Betrachtung abzuschätzen, also *ohne* Bezugnahme auf bestimmte Tierpopulationen oder menschliche Nutzungen.

Die Argumente zur Begriffsbestimmung decken sich kaum mit den diskutierten Zerschneidungskriterien, d.h. für die beiden Fragen, *ob* es sich überhaupt um "Zerschneidung" handelt und *wie groß* der Zerschneidungsgrad ist, werden offenbar ganz unterschiedliche Kriterien herangezogen. Abb. 10.1 und Tab. 10.1 stellen die erkennbaren Positionen und die bestimmenden Argumente bzw. Kriterien dar.

Wenn man die "Zerschneidung" *nur auf einzelne lineare* Eingriffe bezieht, dann lässt sich die *Netzwerk* nicht als "Zerschneidung" erfassen, sondern es wird dafür ein anderer Begriff benötigt, z.B. "Zerstückelung" oder "Fragmentierung". Will man einen Index ausschließlich für die "Durchschneidung" aufstellen, so darf dieser Index nur die *linearen* Infrastrukturanlagen berücksichtigen, die Siedlung hingegen darf den Index nicht beeinflussen. Eine Quantifizierung der "Durchschneidung" ist allerdings nur für den Vergleich von Situationen mit der selben Siedlungsflächengröße möglich, sonst treten Probleme auf wie beim Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden (vgl. die Diskussion in Abschnitt 5.3.8 der Langfassung).⁴⁷

Insgesamt erscheinen den Befragten "Zerschneidung" und "Vernetzung" offenbar als ein Gegensatzpaar – aber nicht so, dass diese Begriffe den direkten Gegensatz voneinander bezeichnen, sondern in dem Sinne, dass eine hohe Vernetzung eine Zerschneidung *kompensieren* kann.

⁴⁷ Generell gilt, dass die Maße nur dann für die ihnen entsprechenden Fragmentierungsphasen einsetzbar sind, wenn die anderen Phasen ausgeschlossen werden können. Umgekehrt lassen sich die Fragmentierungsphasen durch die Ab- oder Zunahme der ihnen entsprechenden Maße kennzeichnen.

- A. Erhaltung von unzerschnittenen Flächen (umfasst u.a. Beachtung von Minimalarealen und Erhaltung möglichst großer Flächen)
- B. Länge zerschneidender Strecken und Reichweite von Störungen auf die Umgebung (umfasst u.a. Randlinieneffekte und Nähe von [Umgehungs-]Straßen zum Ort)
- C. Überquerbarkeit von Barrieren und Veränderung der Nachbarschaftsverhältnisse (umfasst u.a. Zahl der auf einmal zu überquerenden Strecken, Verkehrsdichte auf der Strecke, gefahrene Geschwindigkeiten)
- D. Erreichbarkeit eines (Teil-)Lebensraumes von anderen Lebensräumen aus (umfasst u.a. die Begegnungswahrscheinlichkeit zweier Tiere)
- E. Einpassung in die Landschaft

Abb. 10.2: Fünf Bereiche, zu denen sich die Zerschneidungsgradkriterien zusammenfassen lassen.

Außer den Kriterienvorschlägen, die den Befragten vorgelegt wurden, verwenden die Befragten eine Reihe weiterer Kriterien für die Analyse und Diskussion des Zerschneidungsgrades.⁴⁸ *Sämtliche Kriterien*, die angesprochen wurden, lassen sich zusammenfassen zu den fünf Bereichen, die in Abb. 10.2 aufgeführt sind.

Zwischen den Kriterien können bei der Anwendung Konflikte auftreten. Dies zeigten die Diskussionen zu den vorgelegten Skizzen; Abbildung 10.3 veranschaulicht die Lage der Hauptkonfliktpunkte zwischen den drei Bereichen A. ("*Erhaltung von unzerschnittenen Flächen*"), B. ("*Länge der Strecke und Größe des Störkorridors*") sowie C. ("*Überquerbarkeit von Barrieren und Nachbarschaftsverhältnisse*"):

⁴⁸ Die von den Befragten direkt auf die Zerschneidung bezogenen zusätzlich genannten Kriterien lauten:

- Breite des durch Störungen beeinträchtigten Korridors bzw. Größe der beeinträchtigten Lebensräume
- Ausmaß der Randwirkungen (z.B. Stärke der Verlärmung)
- Betrachtung der Außenbeziehungen (einzelfallbezogen, da eine Untersuchung der funktionalen Beziehungen nötig ist)
- Überquerung von "Schlaufen"
- Möglichkeit zum Bau von Querungsmöglichkeiten
- Überquerbarkeit mehrerer Verkehrslinien nacheinander (Überquerung muss ohne Unterbrechung erfolgen oder ist etappenweise möglich)
- Einpassung in die Landschaft

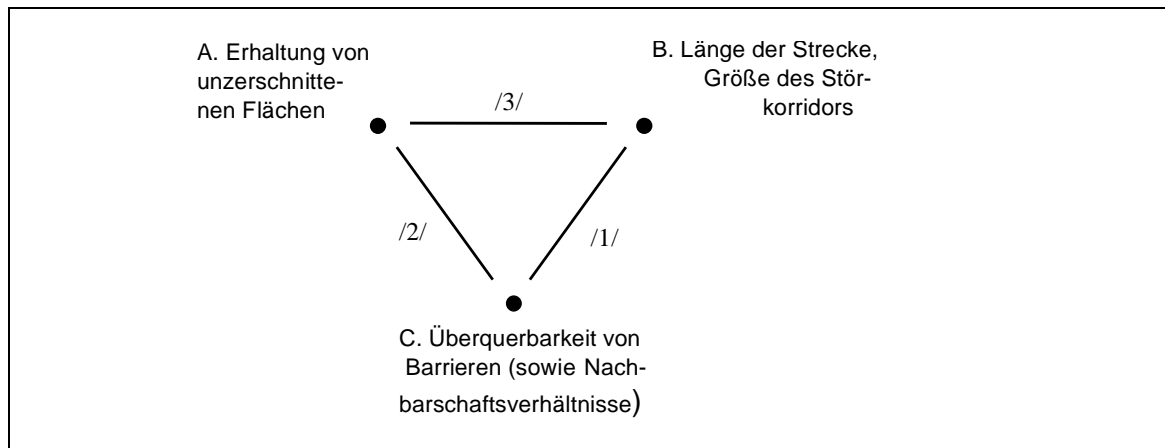


Abb. 10.3: Drei der wichtigsten Kriterienbereiche (A. bis C.) für die Bestimmung des Zerschneidungsgrades. /1/, /2/ und /3/ kennzeichnen drei Beispiele für mögliche *Konflikte* (●*) zwischen jeweils zwei der drei Kriterienbereiche.

Beispiel /1/ - die *Größe* der verbleibenden Flächen ist etwa gleich: höhere Geschwindigkeit und daher mehr Wildunfälle (Kriterium aus Bereich C) *versus* kürzere Strecke (Kriterium aus B).

Beispiel /2/ - die *Länge* der Strecken ist gleich: Erhaltung größerer ungestörter Flächen (Kriterium aus A) *versus* Überquerbarkeit aller drei Straßen (Kriterium aus C).

Beispiel /3/ - *Überquerbarkeit und Nachbarschaftsverhältnisse* sind vergleichbar: Länge der Straße (Kriterium aus B) *versus* Erhaltung einer möglichst großen Fläche (Kriterium aus A). Dieses Konkurrenzverhältnis kann mit den topologiesensitiven Zerschneidungsmaßen (von Abschnitt 6.5.3 der Langfassung) auf indirekte Weise quantitativ dargestellt und diskutiert werden.

Außerdem können Konflikte auch *innerhalb* der drei Kriterienbereiche aus Abb. 10.3 auftreten. Beispiele hierfür sind:

in Bereich A: "Erhaltung möglichst großer zusammenhängender Flächen" *versus* "Erhaltung von möglichst viel Gesamtfläche in Form von Flächen, die größer als eine bestimmte Minimalgröße sind".

in Bereich B: "Länge der Strecke verringern durch Gradlinigkeit" *versus* "Begrenzung der Breite des Störkorridors durch Anpassung der Strecke an die Landschaft (kurvige Streckenführung und geringere Fahrgeschwindigkeiten)"

in Bereich C: "Bündelung von Strecken, um den Bau einer Grünbrücke effizienter zu machen" *versus* "Vermeidung von Bündelung, um die Überquerung aufgrund der sehr kleinen Zwischenflächen nicht zu verunmöglichen".

Die meisten *einzelnen* Argumente sind zwar als Zerschneidungskriterien unter den Befragten kaum umstritten, aber in der Anwendung treten jeweils unterschiedliche Argumente und Gewichtungen in den Vordergrund.

Niemand von den Befragten vertritt die Ansicht, dass die Phase der "Auslöschung" eine *Abnahme* der Landschaftszerschneidung (oder der Fragmentierung) bedeute. Dieses Ergebnis unterstützt die Interpretationsfähigkeit der neuen Maße aus Kapitel 6 als Zerschneidungsmaße (z.B. im Gegensatz zum Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes). (Andernfalls ließe sich möglicherweise argumentieren, dass die Fragmentierung wieder abnimmt bei zunehmend gleichmäßiger Besiedelung und Versiegelung.) Bei den neuen Maßen hingegen ist die *Trennwirkung* entscheidend, hier hat Siedlungsfläche den Effekt einer totalen Trennung.

Fazit

Die Vielfalt der von den Befragten unterstützten oder selbständig genannten Kriterien zur Bestimmung des Zerschneidungsgrades, ihr teilweise konkurrierendes (bzw. konfliktierendes) Verhältnis zueinander und ihre unterschiedliche Gewichtung bei der Anwendung kann nicht durch ein einziges einfaches quantitatives Zerschneidungsmaß wiedergegeben werden. Ein quantitatives Maß *muss* daher bestimmte Annahmen voraussetzen (und ist dann auch nur innerhalb dieses Rahmens gültig; z.B. ob die Barrieren überwindbar sind oder nicht oder bei der Annahme bestimmter Minimalarealgrößen).

Zur Annäherung an dieses Beziehungsgeflecht zwischen den Zerschneidungsgradkriterien mit quantitativen Methoden scheint eine *getrennte Quantifizierung* (und ein anschließender Vergleich) von geometrisch-strukturellen und funktionalen Aspekten ein aussichtsreiches Vorgehen zu sein (vgl. auch das Konzept der Arbeit von Schumaker 1996). Beispielsweise müsste die Wiedergabe von Argument (1b) ("Mehrere größere Flächen sind 'autark funktionsfähig', aber relativ kleine Flächen nicht mehr")⁴⁹ durch ein Zerschneidungsmaß eine sehr starke Abwertung kleinerer Flächen enthalten⁵⁰ – zumindest in dem Fall, dass die Barrieren unüberwindbar sind. Andererseits ist das

⁴⁹ aus Abschnitt 9.2.2 der Langfassung.

⁵⁰ Zwar werden sehr kleine Flächen in den neuen Zerschneidungsmaßen aufgrund der Quadrierung F_i^2 bereits deutlich geringer gewichtet, doch müsste sich die relative Gewichtung *größerer* Flächen weniger stark an der Flächengröße orientieren. (Dies könnte z.B. durch einen anderen Exponenten γ , d.h. $\sum F_i^\gamma$, mit $1 < \gamma < 2$ und einen Gewichtungsfaktor < 1 für kleine Flächen umgesetzt werden; vgl. Abschnitt 6.5.1. der Langfassung)

Argument der möglichen Trittsteinfunktion kleiner Flächen zu berücksichtigen⁵¹ – in dem Fall, dass die Barrieren überwindbar und die Trittsteine auffindbar sind. Die Funktion von kleinen Flächen als Trittsteine kann in Abhängigkeit von der Anordnung der Flächen ganz wesentlich sein.

Möglicherweise lässt sich zudem ein "kompliziertes" Maß konstruieren, welches in der Lage ist, die Konkurrenzbeziehungen zwischen den Kriterien auch quantitativ zum Ausdruck zu bringen.⁵² Es sprechen allerdings mehrere Argumente für den Einsatz *möglichst einfacher* Maße:

- überschaubares Verhalten der einzelnen Maße (z.B. ihre Reaktionsweise auf die Fragmentierungsphasen, vgl. Tab. 6.2),⁵³
- klare Kenntnis ihrer Prämissen (und damit ihres Gültigkeitsbereiches),
- einfache Anwendbarkeit.

Demnach bietet es sich beispielsweise an, entsprechend den beiden Aspekten "Unterschreiten der Minimalarealgröße" und "Funktion kleiner Flächen als Trittsteine" passende Maße einzusetzen, um diese beiden Aspekte zunächst *getrennt* zu betrachten. Generell bedeutet dies,

- a) geometrisch-strukturelle Maße unter Berücksichtigung möglichst vieler von den Befragten als relevant eingestuften Aspekte zu entwickeln,
- b) funktional orientierte Maße für die *landscape connectivity* weiter auszuarbeiten (vgl. Jaeger 2001b),
- c) diese beiden Arten von Maßen einander gegenüberzustellen und die Zusammenhänge zwischen ihnen herauszuarbeiten.

Dieser Weg ist in Teil II der vorliegenden Arbeit mit der Entwicklung einfacher geometrisch-struktureller Zerschneidungsmaße beschritten worden.

Die Befragten sehen den *Zerschneidungsgrad* insgesamt als das *wichtigste* Kriterium zur Beurteilung der *Erheblichkeit* landschaftszerschneidender Eingriffe an (vgl. Abschnitt 10.2). Hierdurch erhalten auch die einzelnen Zerschneidungsgradkriterien normative Relevanz.

⁵¹ aus Abschnitt 9.1.3 der Langfassung.

⁵² Dass solche Maße "kompliziert" sein werden, heißt, dass sie von einer entsprechenden Zahl von Parametern abhängig sind, welche die Mindestarealgröße, die Lagebedingungen, wann Flächen als Trittstein geeignet sind, usw. als Informationen für die "Kalibrierung" des Maßes – z.B. in Bezug auf eine bestimmte Tierart – enthalten.

⁵³ Vgl. z.B. die Kritik am nicht überschaubaren Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden (Deggau et al. 1992) in Abschnitt 5.3.8 der Langfassung.

10.2 Zu Erheblichkeitskriterien für landschaftszerschneidende Eingriffe

Den Befragten wurden 18 Vorschläge für Erheblichkeitskriterien zur Bewertung landschaftszerschneidender Eingriffe (hinsichtlich des Themas Zerschneidung) vorgelegt, von ihnen eingestuft und kommentiert. Dabei finden die sechs Kriterien

- *Beitrag zur Erhöhung des Zerschneidungsgrades,*
- *Habitatqualität der betroffenen Flächen,*
- *Unterschreitung von Minimalarealen,*
- *Überlebenswahrscheinlichkeiten von Metapopulationen,*
- *Veränderungen der Lageverhältnisse und Nachbarschaftsbeziehungen sowie*
- *Veränderungen der Struktur der Landschaft*

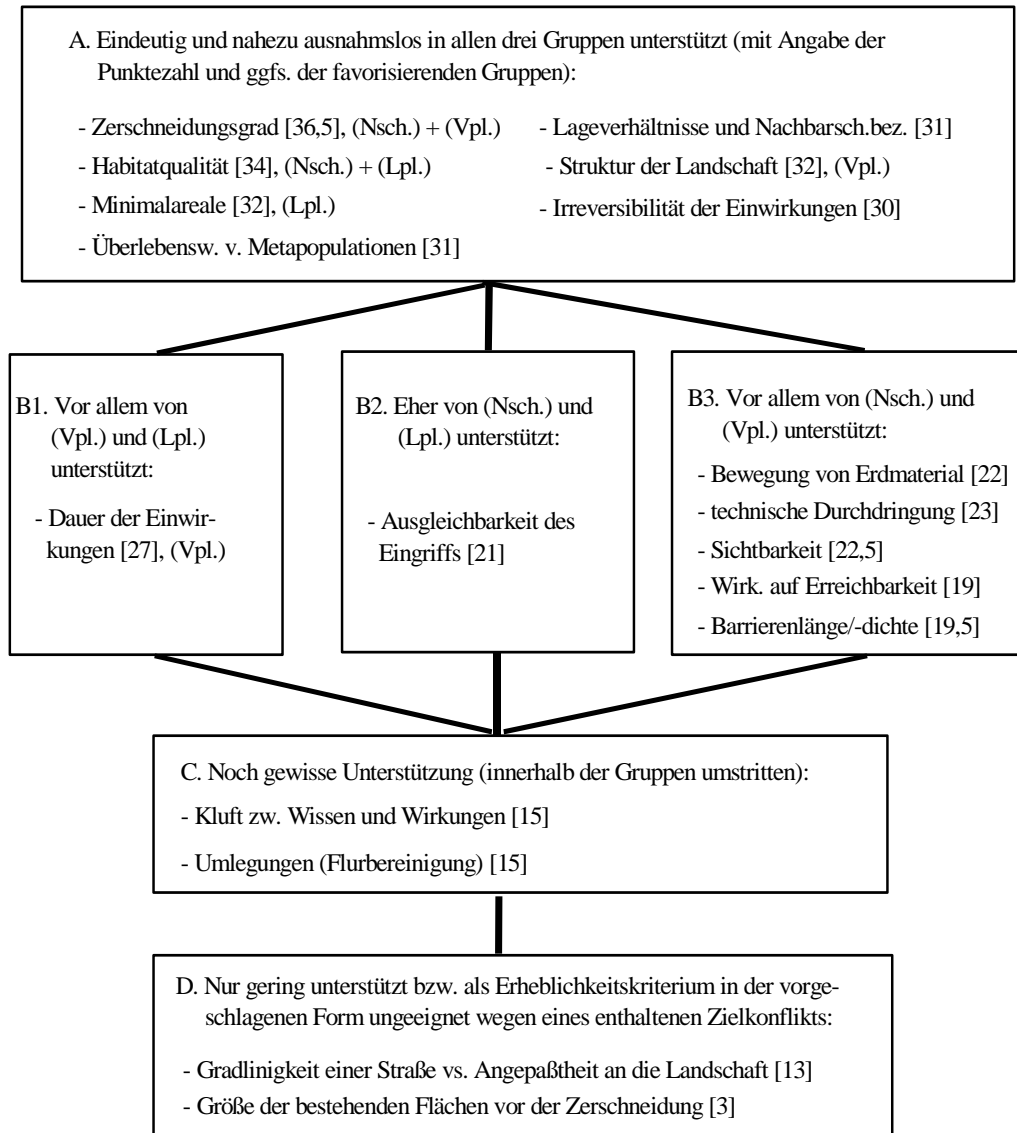
besonders große Zustimmung. Die Einschränkungen zur Anwendbarkeit der 18 Kriterien werden qualitativ einzeln diskutiert (in Abschnitt 9.3.2 der Langfassung). Als weitere Vorschläge für Erheblichkeitskriterien nennen einige Befragte die "Gewährleistung der Wahrnehmbarkeit der Landschaft", die "Zahl und Art der initiierten Folgeentwicklungen", die "Funktion der Flächen (z.B. Art der Erholungsnutzung)", den "Vergleich des angestrebten Zielzustandes der Landschaft mit dem Prognosezustand mit und ohne Vorhaben", die "Stärke des zerschneidenden Eingriffs" (entspricht dem Zerschneidungsgrad im Sinn von Barrierestärke) und die "Dichte der Netzmachen und Lage einer neuen Strecke in einer bestehenden Netzmasche".

Zwischen den Kriterien können Konflikte auftreten. Dadurch besteht die Gefahr eines Argumentationsschemas mit gegenläufigen Kriterien je nach gewünschter Zielaussage, z.B.

- A. Die Zerteilung *größerer* Flächen ist unerheblicher (da die verbleibenden Flächen dann noch immer relativ groß sind, z.B. größer als die Minimalarealgrößen, und kleinere, empfindlichere Flächen an anderer Stelle dafür vielleicht geschont werden können).
- B. Die Zerteilung *kleinerer* Flächen ist unerheblicher (da sie bereits zerschnitten und damit relativ wertlos sind und größere Flächen an anderer Stelle dafür vielleicht geschont werden können).

Zwei weitere Probleme betreffen – bei einigen Kriterien – Unklarheiten des Bezuges (z.B. bezüglich welcher Tierart die Zerschneidungswirkung beurteilt werden soll) und die bisher oft nicht aufgeklärte Frage, *wie stark* ein jedes Kriterium mit dem Auftreten von nachteiligen Auswirkungen korreliert ist. In der Folge sind keine festen Gewichtungshierarchien zwischen den Kriterien möglich, und ihre Anwendbarkeit kann vom Einzelfall abhängen. Zudem tragen unterschiedliche stillschweigend vorausgesetzte (aber oft nicht thematisierte) Bezugspunkte dazu bei, dass verschiedene Befragte einem

Kriterium unterschiedlichen Stellenwert beimessen und Konflikte zwischen den Kriterien unterschiedlich interpretieren.



Weitere Kriteriumsvorschläge (mit Angabe, aus welcher Gruppe der Vorschlag kam):

- Menge der initiierten Folgeentwicklungen (Nsch.)
- Dichte der Netzmaschen (Lpl.)
- Gewährleistung der Wahrnehmbarkeit der Landschaft (Vpl.)
- Funktion der Flächen (Lpl.)
- Stärke des zerschneidenden Eingriffs (Lpl.)
- Beitrag zur Zielerreichung (Lpl.)

Abb. 10.4: Gesamtbeurteilung der 18 vorgeschlagenen Erheblichkeitskriterien. In eckigen Klammern ist die Punktezahl aus der quantitativen Einschätzung angegeben. Für die "Spitzenkandidaten" ist in runden Klammern die favorisierende Gruppe genannt (zwei Kriterien für Gruppe „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ und drei Kriterien für Gruppe „Verkehrsplanung“).

Welche Erheblichkeitskriterien werden als besonders wichtig eingeschätzt? Welche Unterschiede bestehen zwischen den drei Gruppen Naturschutz, Verkehrsplanung und Landschaftsplanung u.a.? Ist erkennbar, ob die eine Gruppe mehr zu den einen Kriterien und die andere Gruppe mehr zu anderen Kriterien neigt?

Die 18 Kriterienvorschläge lassen sich aufgrund der quantitativen und qualitativen Ergebnisse in vier Gruppen A bis D einteilen, von denen Gruppe B in drei Untergruppen untergliedert ist (Abb. 10.4). Gruppe A umfasst die Kriterien, welche in allen drei Gruppen eine starke Zustimmung erhalten. Hier bestehen keine oder nur geringe Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Alle sieben Kriterien aus Gruppe A wurden von mindestens einer befragten Person auch als *wichtigstes* Kriterium aufgeführt – außer dem Kriterium *"Irreversibilität der Einwirkungen"*.

Gruppe B enthält die Kriterien, für die Unterschiede im Zustimmungsverhalten zwischen den drei Gruppen erkennbar sind. Das Kriterium in B1 "Dauer der Einwirkungen" wird vor allem in den Gruppen „Verkehrsplanung“ und „Landschaftsplanung“, jedoch in Gruppe „Naturschutz“ nur gering unterstützt. In Gruppe „Verkehrsplanung“ hat es von der Punktezahl her einen ersten Platz inne (neben *"Zerschneidungsgrad"* und *"Veränderungen der Struktur der Landschaft"*). In Gruppe B2 wird das Kriterium *"Ausgleichbarkeit des Eingriffs"* eher stärker in den Gruppen „Naturschutz“ und „Landschaftsplanung“ und weniger in Gruppe „Verkehrsplanung“ befürwortet. Als „wichtigstes Kriterium“ wurde es einmal in Gruppe „Landschaftsplanung“ aufgeführt. Auffällig ist, dass fünf Kriterien in den Gruppen „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ in ähnlichem Ausmaß Zustimmung finden, in Gruppe „Landschaftsplanung“ dagegen kaum. Sie betreffen Aspekte, die in Gruppe „Landschaftsplanung“ – anders als in den beiden anderen Gruppen – zum Beispiel als *„eher vom Einzelfall abhängig“*, als *„von der Zerschneidung getrennt zu betrachten“* oder als *„für das Thema Zerschneidung zu wenig aussagekräftig“* angesehen werden. B3 enthält drei Kriterien, die als „wichtigstes Kriterium“ in Gruppe „Naturschutz“ oder „Verkehrsplanung“ genannt worden sind.

In Gruppe C finden sich zwei Kriterien, die in allen drei Befragtengruppen sowohl auf *deutliche Zustimmung* als auch auf *Ablehnung* stoßen; die Grenzen zwischen befürwortenden und skeptischen Stimmen verlaufen quer zu den drei Gruppen. Keine befragte Person gibt ein Kriterium aus C als aus ihrer Sicht „wichtigstes Kriterium“ an. Insgesamt überwiegt in Gruppe C die Unterstützung der Kriterien.

Gruppe D fasst zwei Kriterien zusammen, die ebenfalls unterschiedlich beurteilt werden, wobei aufgrund von Inkonsistenzen oder Zielkonflikten in der Formulierung des Kriterienvorschlags insgesamt die *Skepsis* überwiegt. Gleichwohl wird eines der beiden Kriterien in der Umformulierung als *"Erhaltung unzerschnittener Räume"* in Gruppe „Naturschutz“ einmal als „wichtigstes Kriterium“ angeführt. Im übrigen ist das Ergebnis auf die Frage nach besonders wichtigen Erheblichkeitskriterien konsistent mit dem Ergebnis in Abbildung 10.4.

Die Einschätzung der Eignung der Kriterien durch die Befragten bedeutet nicht, dass nur die Kriterien aus Kasten A verwendet werden sollten, sondern nur, dass man eine Einigung über die Validität oder Relevanz der Kriterien aus A eher erwarten kann als bei den übrigen. Für den Aushandlungsprozess, der zur Abwägung führt, können die anderen Kriterien ebenso dienen. Das Ergebnis in Abb. 10.4 lässt erwarten, dass bei den anderen Kriterien eine unterschiedliche Ansicht über die Tauglichkeit der Kriterien besteht – teilweise in der Tendenz entsprechend den Gruppenabgrenzungen „Naturschutz“, „Verkehrsplanung“ und „Landschaftsplanung“, teilweise aber auch quer dazu (z.B. beim Kriterium "Umlegung von Ackerflächen"). Für die Kriterien aus A ist eher ein "Konsens über den Konsens", für die übrigen eher ein "Konsens über den Dissens" in der Beurteilung der Erheblichkeit zu erwarten.

Die Ergebnisse zeigen, dass es sehr wichtig ist, Gruppe „Landschaftsplanung“ zu unterscheiden von den beiden anderen Gruppen. Oft hat diese Gruppe die ausführlichste Argumentation gebracht. Die Unterschiede verdeutlicht beispielsweise auch die Zahl der Kriterien in Gruppe B3 von Abbildung 10.4.

Zum Vergleich der Gruppen „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“: Die einzelnen Kriterien zur Beurteilung der Erheblichkeit finden insgesamt in den Gruppen „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ gleichermaßen recht große Zustimmung. Offenbar liegen die größeren Probleme zwischen den beiden Gruppen nicht in Differenzen über relevante Erheblichkeitskriterien, sondern in der Gewichtung der Kriterien untereinander und mit anderen Abwägungskriterien (wie den Kosten) sowie darin, wie im Fall eines Konfliktes zwischen den Kriterien entschieden wird, z.B. im Konflikt zwischen dem Schutz großer, unzerschnittener Bereiche und dem Schutz kleiner, strukturreicher Flächen. Deutliche Unterschiede zeigen sich zwischen „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ nur betreffend den Kriterien p.) "Dauer d. Einwirkungen" (Nsch.: eher Skepsis und Vpl.: große Zustimmung) und k.) "Ausgleichbarkeit des Eingriffs" (Nsch.: überwiegend Zustimmung und Vpl.: geteilte Meinungen). Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen besteht beispielsweise für die Kriterien a.) "Zerschneidungsgrad" und j.) "Veränderungen der Struktur der Landschaft" (große Zustimmung) sowie q.) "Kluft zwischen der Reichweite der Wirkungen und des Folgenwissens" und o.) "Umlegungen (Flurbereinigung)" (geteilte Meinungen).

Von der grundsätzlichen Zustimmung oder Ablehnung der Kriterienvorschläge ist zu unterscheiden, ob die Befragten sich auch dafür *zuständig* fühlen, diese Kriterien zu beachten und umzusetzen. Hier sind größere Differenzen zwischen den Gruppen „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ erkennbar. "Grüne Kriterien" seien laut den Aussagen einer Person aus der Verkehrsplanung insbesondere: *Habitatqualität* (f.), *Lageverhältnisse und Nachbarschaftsbeziehungen* (i.), *Reichweite der Auswirkungen im Raum auf die Erreichbarkeit* (l.), *Minimalareale* (m.), *Überlebenswahrscheinlichkeiten von Metapopulationen* (n.) und letztlich auch der *Zerschneidungsgrad* (a.):

"Diesen Begriff 'Zerschneidungsgrad', den können wir eigentlich nicht beurteilen. (...) Weil ja eine Straße immer zerschneidet. Oder eine Eisenbahn, immer, oder Fluss. (...) Und das beurteilen die Grünen. Die sagen, ist das ganz besonders schlimm oder ist es weniger schlimm. (...) Was jetzt für uns besonders wichtig ist zu [berücksichtigen], das kann nicht der Zerschneidungsgrad sein, weil wir auf jeden Fall zerschneiden." (Vpl.-50:40f)

Wie aus den Interviews deutlich wird, stehen auf verkehrsplanerischer Seite dagegen Gesichtspunkte wie die *Kosten*, *prognostiziertes Verkehrsaufkommen*, *Verkehrssicherheit*, und die *Funktion einer Strecke im Verkehrsnetz* im Vordergrund. Die Arbeitsteilung zwischen den Institutionen der Straßenplanung und Naturschutzinstitutionen zeigt sich somit auch in „arbeitsteiligen“ Bewertungsmustern. Dies wird vom Grundsatz her von den Befragten aus dem Naturschutz akzeptiert (und unüberbrückbare Differenzen über Bewertungsergebnisse werden ggfs. vor Gericht ausgetragen):

"Das ist auch nicht unbedingt ihre Aufgabe [der Verkehrsplaner], diese Zusammenhänge und Konsequenzen zu wissen, dafür sind... gibt's ja andere Fachleute, die im Zusammenhang mit dem Vorhaben beteiligt werden, wie uns. (...) Die Verkehrsplaner sind ja dazu da, unter anderem Straßen zu planen, und über die Folgen dieser Planungen und Maßnahmen werden ja die Naturschützer ein... deshalb werden ja wir auch mit eingebunden in den Entscheidungsprozess und ... meistens werden auch unsere Argumente größtenteils berücksichtigt ... oder zumindest in Teilen berücksichtigt." (Nsch.-48:44)

Insofern werden zwar viele "grüne Kriterien" von der Gruppe „Verkehrsplanung“ im Prinzip auch unterstützt, aber nicht hoch gewichtet gegenüber den verkehrsplanerischen Kriterien:

"Das ist nicht mein Fachbereich [die Habitatqualität der betroffenen Fläche zu betrachten], ich habe dazu keine Meinung. Oder ... Sie fragen mich beruflich, nicht? (...) Wir sind hier Straßenbauer, wir sind zwar relativ grüne Straßenbauer inzwischen schon, aber immer noch Straßenbauer. Denn wenn ich da schrecklich konsequent wäre, dann müsste ich ja hier sofort austreten und sagen, kann ja gar nicht sein, dass ich hier mitarbeite als Straßenbauer ... dann muss ich zu den Grünen gehen, muss ich jeden Straßenbau verhindern." (Vpl.-45:35)

Dies ist anders bei der Gruppe „Landschaftsplanung“, die Personen können sich nicht – entsprechend der Arbeitsteilung – auf eine der beiden Seiten stellen, sondern sitzen "zwischen den Stühlen". Sie begegnen diesen konkurrierenden Ansprüchen, indem sie stärker über schützenswerte *Landschaftsfunktionen* (und deutlich weniger über die Strukturen) argumentieren, soweit sich solche Funktionen nachweisen lassen.

Eher *geometrisch-strukturelle* Kriterien sind:

- c.) "*Länge der Barriere*",
- e.) "*technische Durchdringung*",
- g.) "*Größe zerteilter Flächen*",
- j.) "*Veränderungen der Struktur der Landschaft*";

eher *funktionale* Kriterien sind:

- f.) "*Habitatqualität*",
- m.) "*Unterschreitung von Minimalarealen*",
- n.) "*Überlebenswahrscheinlichkeit von Metapopulationen*";

beide Aspekte gemischt beinhalten:

- a.) "*Zerschneidungsgrad*",
- i.) "*Veränderungen der Lageverhältnisse*",
- l.) "*Wirkung auf Erreichbarkeit*".

Damit ergibt sich folgendes Gesamtbild: *Funktionale* Kriterien werden von *allen* Befragten befürwortet. Lediglich eine Person aus der Verkehrsplanung enthält sich hier stets (mit dem Argument, für diese Aspekte sei sie nicht zuständig). Die Arbeitsteilung ergibt auch eine Erklärung dafür, dass die Gruppe „Verkehrsplanung“ eher die strukturellen Kriterien heranziehen als die Gruppe „Landschaftsplanung“ (d.h. weil sie die funktionalen nicht weiter betrachten). Die strukturellen Kriterien werden *unterschiedlich* stark unterstützt, am ehesten in „Naturschutz“, teilweise auch in „Verkehrsplanung“, in „Landschaftsplanung“ dagegen nur gering. Strukturelle Kriterien sind daher meist in Gruppe (B3) zugeordnet (Abb. 10.4), eines auch in Gruppe A, (allerdings wird j. "*Veränderungen der Struktur der Landschaft*" von zwei Personen in Gruppe „Landschaftsplanung“ nur eher gering unterstützt) und eines in Gruppe D (g. "*Größe zerteilter Flächen*" wird lediglich in „Naturschutz“ zum Teil unterstützt). Die beide Aspekte gemischt beinhaltenden Kriterien (a, i, l) sind in Gruppe A und B3 zu finden. Interessant ist, dass hier nicht die Gruppe „Landschaftsplanung“ als "Mischung" aus „Naturschutz“ und „Verkehrsplanung“ erscheint, sondern als eine eigenständige Gruppe. Eine darüber hinausgehende Typisierung der Kriterien (anhand von Korrelationen) ist nicht erkennbar, die Kriterien werden von den Befragten ganz unterschiedlich kombiniert.

Fazit

Die befragten Personen aus der Gruppe „Landschaftsplanung“ *argumentieren vorrangig funktional*, in „Verkehrsplanung“ und „Landschaftsplanung“ funktional *und* geometrisch-strukturell. Dies spiegelt sich daran, dass man sich in der Gruppe „Landschaftsplanung“ für eher funktionale Kriterien ausspricht.

Mit diesem Ergebnis korrespondiert auch eine quantitative Betrachtung (mit "eher funktional" = f, m, n; "eher gemischt" = a, i, l; "eher geometrisch-strukturell" = c, e, j;

"eher ästhetisch" = b, j, r). Durchschnittlich vergab jede befragte Person für die jeweils drei Kriterien die folgende Punktezahl:

	eher funktional	gemischt funkt.-strukt.	eher geometrisch- strukturell	eher ästhetisch
Naturschutz	7,7	7,6	6,6	5,8
Verkehrsplanung	6,4	7,8	7,5	6,8
Landschaftsplanung	8,3	4,4	3,4	2,9

Daran wird erkennbar, dass in der Gruppe „Verkehrsplanung“ vor allem gemischt funktional-strukturelle und strukturelle Kriterien unterstützt werden. In der Gruppe „Naturschutz“ werden zwar die funktionalen am stärksten, aber die strukturellen fast ebenso stark unterstützt. Dagegen werden in der Gruppe „Landschaftsplanung“ vor allem die funktionalen Kriterien unterstützt, die strukturellen und ästhetischen deutlich weniger.

Mit der stärkeren Präferenz für funktionale Kriterien – auch bei den Zerschneidungsgradkriterien – in der Gruppe „Naturschutz“ lässt sich das Ergebnis zum unterschiedlichen Begriffsverständnis in den drei Befragtengruppen erklären: *Durch die Anwendung funktionaler Kriterien werden mehr Fragmentierungsphasen noch mit zum Begriff der "Zerschneidung" gezählt als in der Gruppe „Verkehrsplanung“.* (Die Befragten aus der Gruppe „Verkehrsplanung“ stimmen zwar auch den funktionalen Zerschneidungsgradkriterien zu, wenden sie aber auf die Fragmentierungsphasen nicht an, sondern es herrscht die geometrische Begriffsauffassung bei ihnen vor.)

In der Gruppe „Landschaftsplanung“ spielen funktionale Kriterien *in der Erheblichkeitsbewertung* gegenüber geometrischen Kriterien ein viel größere Rolle, bei der *Begriffsbestimmung* ist der Unterschied zwischen funktionalen und geometrischen Kriterien im Durchschnitt nicht so stark ausgeprägt.

10.3 Zur Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken: „Organisierte Unverantwortlichkeit“?

Zwei Probleme erschweren eine Übernahme von Verantwortung: das Problem der Unkenntnis der wirklich eingetretenen Folgen (sowie des Erfolgs der Ausgleichsmaßnahmen) und das Zurechenbarkeitsproblem von Folgen zu Einzeleingriffen (Nachweise nahezu unmöglich). Für das diskutierte Beispiel (Untergang einer Art als Folge der Zerschneidung) stellen die Befragten übereinstimmend fest, dass dafür im rechtlichen Sinn keinerlei Verantwortung besteht. Geringe Einschränkungen dieses Ergebnisses gibt es lediglich im seltenen Fall, dass eine Jagdwertminderung eingeklagt wird

oder dass in der Planfeststellung eine Überprüfungs- und Nachbesserungspflicht festgelegt wurde.

Hinsichtlich der ethisch-moralischen Verantwortung sind bei den Befragten sieben verschiedene Positionen erkennbar (A bis G), vom "Hinnehmen der Folgen; keinerlei Verantwortung" über "die Gesellschaft" bis zu "die Verkehrsteilnehmer". Die Vorschläge, was angesichts dieser Diskrepanz getan werden sollte, reichen von "Aussitzen" über "Jede(r) sollte im eigenen Bereich tun, was möglich ist" bis zu einigen konkreteren Maßnahmen:

- verstärkte Berücksichtigung von unerwarteten Folgen in der Planfeststellung durch Überprüfungs- und Nachbesserungsverpflichtungen,
- Haftungsverpflichtungen der Planenden bzw. derjenigen, die die Planungshoheit haben,
- nachträgliche Maßnahmen als freiwillige Leistungen auf politischer Ebene einfordern,
- nachträgliche Maßnahmen als Ersatzmaßnahmen von künftigen Eingriffen an anderen Orten vorsehen,
- Finanzierung von Maßnahmen zur Beseitigung oder zum Ausgleich erst nachträglich erkannter Folgen aus der Mineralölsteuer.

Die Aussagen der Befragten lassen deutliche Unterschiede zwischen der wahrgenommenen ethisch-moralischen Verantwortung und der rechtlich wirksamen Verantwortung für nachträglich erkannte Schädigungen des Naturhaushaltes erkennen. Soweit die beiden Grundprobleme – mangelnde Kenntnis der tatsächlich eingetretenen Folgen und fehlende Zurechenbarkeit von Folgen zum Einzeleingriff – überwunden werden können, ist gemäß den Aussagen der Befragten (außer im Fall der Jagdwertminderung sowie teilweise beim Lärm) *niemand* für die Registrierung und Behebung oder Kompensation *zuständig*. Die überwiegende Zahl der Befragten identifiziert jedoch in ethisch-moralischer Hinsicht alle Mitglieder der Gesellschaft bzw. alle diejenigen, die am Verkehr teilnehmen oder an der Planung mitwirken, als Verantwortungssubjekte.

Die Ausgrenzung von verbleibenden Unsicherheiten und Summenwirkungen aus der Entscheidungsfindung erfolgt somit, *ohne dafür die Verantwortung zu übernehmen*.⁵⁴ Verantwortung wird nur für das Eingegrenzte gesehen. Für die verbleibenden Unsicherheiten wird hingegen *weder vorsorgend noch nachsorgend* Verantwortung übernommen.

Die Positionen B. "Diffusion der Verantwortung" und C. "Keine Einzelnen, sondern die Gesellschaft" (aber auch A. "Hinnehmen der Folgen; keine Verantwortung") ent-

⁵⁴ Dies ist ein erstes wichtiges Anzeichen für "Immunisierung" (vgl. Abschnitt 11.2).

sprechen dem, was U. Beck als ein "*System der organisierten Unverantwortlichkeit*"⁵⁵ beschreibt, welches "nach dem geradezu genialen Organisationsprinzip *nichtzurechenbarer Unzuständigkeit*"⁵⁶ funktioniert. Die Verantwortung "versickert" angesichts der Abhängigkeiten der Akteure von anderen Akteuren:

"Sehr häufig ist die Landwirtschaft massivst mit drin [dafür, dass Tierarten verschwinden in einer Landschaft] durch den Nutzungsdruck . (...) [Es] ist aber die Landwirtschaft trotzdem wieder nicht alleine Schuld, der Landwirt alleine ist nicht schuld, denn ihm bleibt gar nichts anderes übrig." (Lpl.-41:35)⁵⁷

Eine befragte Person führt aus, dass die Naturschutzgesetze in der Konsequenz nicht umgesetzt würden:

"A: Wenn Sie das Ganze total ernst nehmen, was im Gesetz steht, dann ist kein Baugebiet mehr möglich, dann ist keine Straße mehr möglich. (...) Die Ziele und Grundsätze im Naturschutzgesetz, die widersprechen sich gegenüber landespolitischen Vorgaben, gegenüber Regionalplänen und dergleichen. Dann wäre es gar nimmer möglich..."

F: (*legt Text des NSchG §1 vor*) Das ist doch, was Sie meinen jetzt, oder? Oder meinen Sie noch...

A: Ja, gut, das ist natürlich dann in Paragraph 2 noch in soundsoviele Ziele ausgeführt. Wenn man es jetzt auf den Nenner bringt, dann dürfte ja nichts mehr machbar sein. Im Gegenteil, dann müsste man ja rückwärts machen, um "nachhaltig zu sichern", müsste man laufend irgendwelche Straßen rückbauen. Wenn man es also mal so ganz wörtlich nimmt. (...)

F: Und was würden Sie dann sagen zum Verhältnis Gesetz und Wirklichkeit, hat das dann gar nichts miteinander zu tun, oder?

A: Janun, jetzt im Sinne dieser Fiktion eben, was ich gesagt habe. Es besteht die volle Ausgleichspflicht bei linienhaften Eingriffen, bei Straßen, bei Steinbrüchen und jetzt nach der neuen Regelung jetzt auch für die Bauleitplanung gilt sie jetzt genauso, und zwar ja nicht nur jetzt ein Ausgleich, dass man ein Froschloch macht für einen Eingriff in eine Obstwiese, sondern es heißt ja auch "nach entsprechender Art des Lebensraumes": Es ist absurd, das geht einfach nette. Weil ... wenn Sie einen hundertjährigen Wald brauchen, um eine Kiesgrube anzulegen: Wie wollen Sie das kompensieren? Ein hundertjähriger Wald ist ein Lebenssystem, das können Sie auch durch die zehnfache Fläche von Neupflanzungen können Sie das nicht kompensieren. Also .. ich muss nochmal sagen, das ist der Hintergrund, das was mir jetzt aufgefallen ist an denen ganzen Fragen, Sie gehen da streng nach der Theorie vor,

⁵⁵ Vgl. U. Beck (1988: 104f).

⁵⁶ U. Beck (1988: 102), Hervorhebung im Original.

⁵⁷ Vgl. hierzu U. Beck (1986: 257).

wie es vom Naturschutzgesetz kommt, und ich kann Ihnen nur sagen, das ist absolut neben der Praxis.

F: Und was heißt das denn dafür, wie es sein sollte? Müsste dann sich die Praxis ändern oder muss man das Naturschutzgesetz ...? (...)

A: Die Gesetze sind gut, um das gleich auch zu sagen, klar zu sagen. (...) Es ist ein Verwaltungs... es ist ein Defizit im Vollzug. Das ist das eine. Es kommt das zweite [hinzu], dass natürlich da viele Widersprüche drin sind, die nicht aufgelöst sind. Nicht jetzt im einzelnen Gesetz, sondern ... das Landwirtschafts- und Landeskulturgesetz hat Widersprüche zum Naturschutzgesetz drinne, der Landesentwicklungsplan hat Widersprüche zum Naturschutzgesetz drinne, jeder Flächennutzungsplan hat Widersprüche drinne. Und gilt's jetzt eben, das beste draus zu machen. Und das sind "Kompensationsgeschäfte", wenn Sie das so wollen, das ist ein Handel. Aber das lässt sich nicht naturkundlich begründen. Das ist unmöglich. (...) [Aber] man muss die Theorie immer im Kopf behalten, um die Praxis einigermaßen anpassen zu können.

F: Also eher doch die Praxis versuchen anzupassen an die gesetzlichen Vorgaben als umgekehrt?

A: Haja natürlich! Haja, natürlich.

F: Weil ich irgendwann dann plötzlich nicht mehr ganz sicher war, wie Sie das sehen ..

A: Neinnein, natürlich, (...) Das ist ja unsere Argumentationsbasis, das Gesetz, egal ob jetzt Bundesgesetz oder unser Landesgesetz, das ja unsere Argumentationsbasis, aber glauben Sie bloß nicht, dass alles so stringent genommen wird, wie's geschrieben steht." (Nsch.-25:23f)

Dieses Beispiel illustriert, dass von mehreren Befragten aus dem Naturschutz, aber auch in der Gruppe „Landschaftsplanung“, große Defizite zwischen den Vorgaben des Naturschutzgesetzes und der Praxis gesehen werden. Die geschilderte heutige Situation stellt sich so dar, als würde die Abwägung zwischen konfligierenden Zielen es *rechtfertigen*, dass für die unerwarteten, nachträglich festgestellten Folgen keine Verantwortung übernommen wird. Die Zuständigkeit wird mit dem Abschließen der Abwägung zugleich abgegeben. Dieser Vorgang stellt einen weiteren Schritt der Eingrenzung dar (wie auch die Ausklammerung von Summenwirkungen aus der Entscheidungsfindung), für den keine Verantwortung übernommen wird. Ohne eine Übernahme von Verantwortung sind die verbleibenden Unsicherheiten und die Erkenntnis nachträglich festgestellter Folgen konsequenzenlos für den Trend der zunehmenden Landschaftszerschneidung (vgl. Abschnitt 11.1 und 11.2).

10.4 Zum Umgang mit Ungewissheit

Für den Umgang mit den nach der UVP verbleibenden Unsicherheiten lassen sich sechs Positionen erkennen:

- A. Die Unsicherheiten sind marginal und daher nicht entscheidungsrelevant.
- B. Falls Hinweise auf Besonderheiten eines Gebietes eingehen, sollte die Planung dafür offen sein, ansonsten ist eine grobe Einschätzung der Wertigkeit der Landschaft ausreichend.
- C. Ungewissheiten müssen zunächst wissenschaftlich erforscht werden und können somit erst später – durch eine Verbesserung der Routineuntersuchungen – berücksichtigt werden.
- D. Kombination von Maßnahmen je nach der Art und Schwere der vermuteten Risiken.
- E. Verbindung der Positionen C und D.
- F. Bereits im Bereich der bekannten Folgen bestehen so große Vollzugsdefizite des Naturschutzgesetzes, dass man sich zunächst nur um diese kümmern sollte.

Die Befragten aus den vier Positionen B bis E nennen mehrere *Beispiele*, in denen Unsicherheiten bestehen können, welche sie aber nur zu einem geringen Teil für entscheidungsrelevant einstufen. Diese Beispiele lassen sich zu *sechs Unsicherheitsbereichen* zusammenfassen:

1. Wertigkeit der Landschaft,
2. Naturwissenschaftliche Zusammenhänge,
3. Erfolg von Ausgleichsmaßnahmen,
4. Summenwirkungen,
5. Unfallszenarien,
6. Monetarisierung der (potenziellen) Schäden in der Kosten–Nutzen-Kalkulation.

Die weitaus überwiegende Zahl von Vorschlägen der Befragten, wie mit diesen Unsicherheiten umgegangen wird bzw. werden soll, bezieht sich auf den ersten Bereich ("Wertigkeit der Landschaft"). In den Unsicherheitsbereichen "naturwissenschaftliche Zusammenhänge", "Erfolg von Ausgleichsmaßnahmen" und "Summenwirkungen" nimmt die Zahl der Vorschläge gegenüber dem ersten Bereich stark ab (Tab. 10.2).

Wenn die von den Befragten genannten 16 Maßnahmen in vier "Handlungsstrategien" eingeteilt werden, können diesen Gruppen die Positionen zugeordnet werden, wie es Tabelle 10.3 zeigt. Auf der Grundlage dieser Typenbildung werden nun die folgenden vier Fragen beantwortet:

<i>genannte Bereiche der Unsicherheit:</i> <i>vorgeschlagene Maßnahmen zum</i> <i>Umgang mit der Unsicherheit:</i>		1. Wertigkeit der Land- schaft	2. naturwiss. Zusammen- hänge	3. Erfolg von Ausgleichs- maßnahmen	4. Summen- wirkungen
1)	a. plausiblen Hinweisen nachgehen, ggfs. nachuntersuchen	1xNs, 1xVp, 1xLp	—	—	—
	b. vorab klären durch weitere Untersuchungen, sonst ist die Planung nicht genehmigungsfähig	2xNs, 2xLp	—	—	—
	c. später erkanntes in die Planfeststellung aufnehmen zur Nachuntersuchung und ggfs. Nachbesserung	1xNs, 1xLp	1xNs	1xNs, 1xLp	—
	d. später erkanntes nachbessern, finanziert aus der Mineralölsteuer	1xNs	1xNs	—	1xNs
	e. unbekannte Zusammenhänge erforschen, der Erkenntnisgewinn wird ggfs. in einer Regelung umgesetzt		1xNs, 1xLp		
	f. weitere Forschung, um bessere Indikatoren zu identifizieren		1xLp		
	g. zunächst einmal das Vorhaben durchführen und abwarten, was passiert (Beobachtung)	1xVp, 1xLp	—	—	—
2)	h. im Variantenvergleich die Variante mit der geringeren Ungewissheit wählen	1xNs, 1xLp	—	—	—
	i. mehr Ausgleich vorsehen	3xNs, 1xVp, 2xLp	1xNs, 1xLp	1xNs	—
	j. mit der Hypothese weiterarbeiten, dass ein Schaden eintreten wird, und entsprechend vorsorgen	1xLp	—	—	—
	k. die Ungewissheiten in der UVS erwähnen in einem Kapitel "Nicht untersuchtes" oder "Unsicherheiten"	1xNs, 1xVp, 1xLp	—		—
3)	l. in Kauf nehmen, da nicht entscheidungsrelevant	4xVp, 1xLp			
	m. davon ausgehen, dass die nicht erhobenen Dinge nicht so gravierend sind wie die erhobenen, d.h. darauf vertrauen, dass die richtigen Indikatoren gewählt wurden	2xNs			
	n. Verhandlungen führen, um wenigstens die bekannten Dinge möglichst stark zu berücksichtigen.	1xNs	—	—	—
4)	o. Unterscheiden: starke / schwache Risiken, schwere / kleine Eingriffe, hochwertige / durchschnittliche Kulturlandschaft, und danach Maßnahme b) oder l) verfolgen.	2xNs, 2xLp	—	—	—
	p. Unterscheiden: je nachdem, was dort vermutet werden kann oder wozu Hinweise eingegangen sind, und danach Maßnahme j) oder g) verfolgen.	1xLp	—	—	—

Tab. 10.2: Übersicht über die von den Befragten genannten Vorschläge für den Umgang mit Unsicherheiten. Die Einordnung erfolgt nach den beiden Dimensionen 'Bereich der Ungewissheit' (jedoch ohne '5. Unfallszenarien' und '6. Monetarisierung', da nur je einmal genannt) und 'vorgeschlagene Handlungsstrategie':

- 1) a.–g. Maßnahmen der Klärung oder Beobachtung,
- 2) h.–k. Berücksichtigung ohne eine weitere Klärung,
- 3) l.–n. Vernachlässigung der Unsicherheiten,
- 4) o.–p. Mischung aus 1) bis 3) je nach Art oder Höhe der vermuteten Risiken.

Die Tabelle zeigt, dass sich die meisten Handlungsvorschläge auf den Bereich '1. Wertigkeit der Landschaft' beziehen. Zur Verteilung der Positionen auf die Handlungsstrategien siehe Tab. 10.3. (Eingetragen ist die Zahl der Nennungen in den drei Befragtengruppen [Ns = Naturschutz, Vp = Verkehrsplanung, Lp = Landschaftsplanung und andere]. Aus logischen Gründen nicht mögliche Anwendungsbereiche einer Maßnahme sind durch graue Unterlegung herausgestrichen.)

<i>Handlungsstrategie</i>	<i>Bereich der Unsicherheiten</i>			
	1. Wertigkeit der Landschaft	2. naturwiss. Zusammenhänge	3. Erfolg von Aus- gleichsmaßn.	4. Summen- wirkungen
1) Klärung und/oder Beobachtung	B (" <i>offen für Hinweise</i> ")	C (" <i>zuerst Grund- lagen erforschen</i> ") E (" <i>differenzierte Behandlung <u>und</u> Erforschung</i> ")	•	•
2) Berücksichtigung (auch ohne weitere Klärung)	•	•	•	<i>keine Vorschläge</i>
3) Vernachlässigung	A (" <i>Unsicherheiten sind marginal</i> ") F (" <i>Vollzugsdefizit liegt woanders</i> ")	<i>keine Vorschläge</i>	<i>keine Vorschläge</i>	•
4) Mischung aus 1), 2) und 3) je nach Höhe der vermuteten Risiken	D (" <i>differenzierte Behandlung</i> ") E (" <i>differenzierte Behandlung <u>und</u> Erforschung</i> ")	<i>keine Vorschläge</i>	<i>keine Vorschläge</i>	<i>keine Vorschläge</i>

Tab. 10.3: Zuordnung der sechs Positionen A bis F zu den bevorzugten Handlungsstrategien für den Umgang mit Unsicherheiten. Die Zuordnung zeigt, wo die *Schwerpunkte* der Positionen liegen. Dass die Befragten zum Teil auch zu weiteren Feldern in der Tabelle Maßnahmen vorgeschlagen haben, wird durch die Punkte • angedeutet; vgl. Tab. 10.2 (aus Jaeger 2000b: 208).

1. Welche unterschiedlichen *Kategorien von Unsicherheit* wenden die Befragten an?
2. Welche *Stellung* haben Unsicherheiten aus Sicht der Befragten in der Abwägung über den Eingriff?
3. Wie begründen sie ihre Sichtweisen?
4. Welche unterschiedlichen *Strategien* zum Umgang mit Unsicherheiten lassen sich aus den Aussagen der Befragten rekonstruieren?

Zur Beantwortung der Frage nach den in der Praxis unterschiedenen Arten von Unsicherheit lässt sich in den Aussagen der Befragten erkennen, dass sie insgesamt *drei Typen von mit Unsicherheit behafteten Folgen* unterscheiden:

- a) völlig unabschbare, ungeahnte Folgen,
- b) unsichere, eher hypothetische Folgen, deren Abklärung keinerlei Relevanz für die Abwägung hätte,
- c) unsichere, aber mehr oder weniger plausible Folgen, die abgeklärt werden sollten.

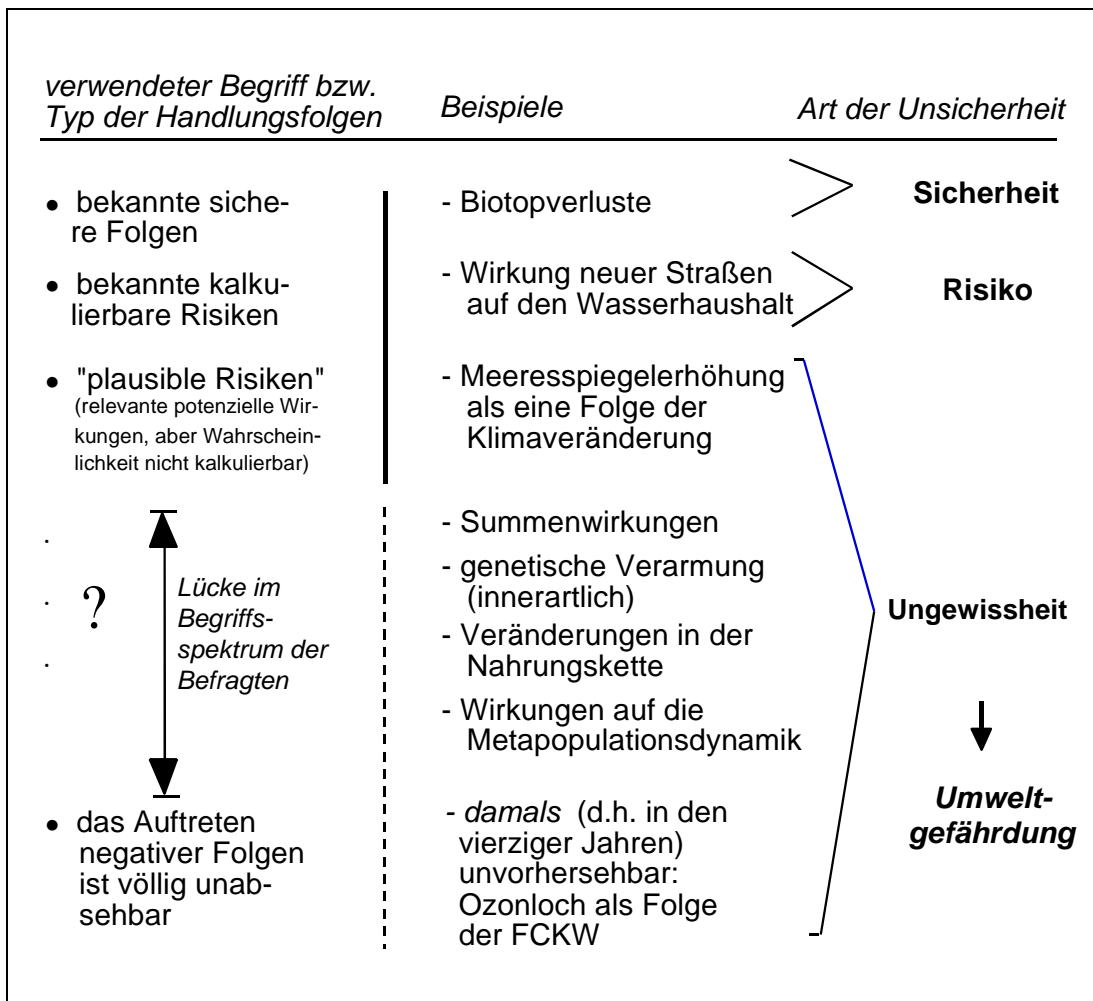


Abb. 10.5: Als Konsequenz aus den Interviewergebnissen zeigt sich: Es besteht eine Lücke im Begriffsspektrum zwischen für wahrscheinlich gehaltenen "plausiblen Risiken" und völliger Unabsehbarkeit; — = entscheidungsrelevante Kategorien, ---- = nicht als entscheidungsrelevant angesehen (aus Jaeger 2000b: 208).

Die Befragten treffen die Unterscheidungen zwischen diesen drei Arten unsicherer Folgen danach, ob die Folgen bereits bei früheren Eingriffen festgestellt wurden, ob sie auch für den geplanten Eingriff plausibel vorstellbar sind und welches Ausmaß sie haben können. Bei früheren Eingriffen bisher *nicht festgestellte* Folgen werden nicht weiter berücksichtigt – auch wenn sie vielleicht eingetreten sind. Aufgrund dieser Einteilung unsicherer Folgen werden die möglichen Wirkungsbereiche des Eingriffs beurteilt. Die Beurteilung erfolgt also *auswirkungsorientiert*, d.h. *nach der Höhe der Schäden, deren Eintritt plausibel möglich erscheint*. Wirkungsbereiche, in denen die Folgen nicht im einzelnen konkretisiert und plausibel gemacht werden können und das Ausmaß der Folgen daher nicht abschätzbar ist, können in dieser Einteilung *nicht zugeordnet* werden. Diese Bereiche fallen durch das Schema, das heißt, es besteht eine *Lücke* im verwendeten Begriffsspektrum. Sie lassen sich weder in Gruppe a), noch in b)

oder c) einordnen. Jede Zuordnung würde eine Aussage über ihre Auswirkungen implizieren, die jedoch nicht begründet getroffen werden kann. Falls sie z.B. der Gruppe a) zugeschlagen würden, implizierte dies, dass ihre Folgen völlig unabsehbar wären. Dies ist jedoch so nicht zutreffend (vgl. auch die Diskussion bei Beck 1986: 284ff.) Die Lücke im Begriffsspektrum liegt zwischen der Kategorie konkretisierbarer unsicherer Folgen (d.h. mehr oder weniger "plausible Risiken") und dem Bereich völlig unabsehbarer Folgen.

Beispiele für solche Unsicherheiten werden von einigen Befragten als "spekulativ" angesehen, so die Wirkungsbereiche "Veränderungen in den Nahrungsnetzen" und "innerartliche genetische Verarmung":⁵⁸

"F: 'Veränderungen in der Nahrungskette' hatten Sie eher vorgeschlagen, nicht als Folge der Landschaftszerschneidung anzusehen?

B: Ja, weil nicht nachweisbar, nur spekulativ bisher." (Vpl.-29:17)

"F: Mit 'genetischer Verarmung' ist jetzt auch gemeint innerhalb einer Population. Ob ich eine Population habe, die genetische Vielfalt in sich trägt, oder eine Population, die kann genauso groß sein, aber sehr ähnliche Gene hat.

B: Fffff... sehr spekulativ.

C: Das geht aber wirklich in Spekulationen, also da.. [halten wir nichts davon]. Das müsste wissenschaftlich [erst einmal bewiesen werden], also da sind wir skeptisch. (...) Das ist zu spekulativ." (Vpl.-29:17f)

Manche Befragte verwenden für solche Situationen auch die Bezeichnung "Restrisiko":

"Ich habe natürlich immer ein Restrisiko, und ich hab' sicher auch immer Dinge, die passieren, die ich jetzt übersehen habe, oder die nicht bekannt geworden sind. Aber das ist ja nichts, (...) was ich schon von vornherein mit einkalkuliere." (Lpl.-33:11f)

Abbildung 10.5 stellt die verbleibende Lücke im Begriffsspektrum der Befragten anhand von Beispielen und der in Kapitel 2 eingeführten Unterscheidung von Risiko und Ungewissheit dar.

Welche Bedeutung der *fehlende Begriff* für Wirkungsbereiche, in denen die Folgen nicht konkretisierbar sind und ihr Ausmaß nicht abschätzbar ist, für den *Umgang* mit solchen Unsicherheiten in der Praxis hat, lässt sich anhand der Interviewaussagen nicht mit Sicherheit beurteilen. Ist dies lediglich ein *Indikator* dafür, dass solche Wirkungsbereiche als nicht entscheidungserheblich eingestuft werden,⁵⁹ oder sind fehlende Be-

⁵⁸ A / B / C = interviewte Personen.

⁵⁹ Zum Begriff der *Entscheidungserheblichkeit* vgl. Meier (1997: 32). Nach Scholles (1996: 475f) haben die derzeitigen gesetzlichen Umwelanforderungen zur Folge, dass nicht verlangte Untersuchungen als unnötig gelten und vermieden werden: "Wo für eine Wirkung kein gesetzlicher Bewer-

griffe eine *Ursache* für die Vernachlässigung solcher Wirkungsbereiche im Abwägungsprozess?⁶⁰ Zwar sind – auch wenn fehlende Begrifflichkeiten einen Einfluss haben – sicherlich einige weitere Faktoren ursächlich dafür, wie mit ungewissen Wirkungsbereichen umgegangen wird, z.B. die Begründungspflichtigkeit von Enteignungen für Ausgleichsmaßnahmen oder die Argumentation von Naturschutzseite für eine landschaftsschonendere, aber teurere Variante. Allerdings ist zu bedenken, dass der Austausch von Argumenten geeignete Begriffe und ein – annähernd – gleiches Begriffsverständnis bei den Beteiligten voraussetzt.

Die Frage, ob es außer den bekannten Folgen weitere, heute noch nicht bekannte Folgen der Landschaftszerschneidung geben könnte, beantworten mehrere Befragte mit Zustimmung. Das bedeutet, viele Befragten können sich zwar durchaus Beispiele für nicht abschätzbare Folgen vorstellen, verfügen aber *dennoch* über keine – nicht wertende – begriffliche Kategorie hierfür in ihrer fachlichen Tätigkeit.

Dass die Befragten für diese Art von Unsicherheiten keinen eigenständigen Begriff verwenden, sondern sie abwertend als "Spekulationen" oder "Restrisiken" bezeichnen, spiegelt sich darin wider, welche Stellung Unsicherheiten in der Abwägung über den Eingriff haben. Hierauf richtet sich die zweite der vier in Abschnitt 9.5 gestellten Fragen.

Den geringen Stellenwert von Unsicherheiten gegenüber den als sicher angesehenen Folgen beschreiben zwei Befragte aus der Gruppe "Naturschutz" so:

"Spekulieren kann ich zwar, aber das glaubt mir dann nachher auch keiner. (...) Je mehr ich in theoretische Aussagen hineinkomme, je mehr ich in Spekulationen komme, desto weniger Gewicht hat das natürlich auch dann. Wenn ich konkret sagen kann, wenn ihr diese Straße hierhin baut, dann sterben drei Tierarten hundertprozentig aus, dann sagen die: oh-oh. Wenn ich dann aber sage, und möglicherweise kommen noch die und die und die und die, ja, unter Umständen..., dann sagen die: Naja, da können wir nicht mehr viel damit anfangen." (Nsch.-26:22f)

"F: Ich hätte eher gedacht, dass dort, wo Ungewissheit besteht, dass Ihnen das sozusagen Verhandlungsspielraum gibt?

A: Ja aber nicht im positiven Sinne! Sondern das wird ja alles angezweifelt, was wir sagen. Wobei wir noch Glück haben müssen, wenn es einfach nur angezweifelt wird, wenn es nicht ins Lächerliche gezogen wird: (...) 'Wegen so ein paar Laufkäfern sollen wird jetzt die Straße nicht bauen dürfen?!' Und dann kommt's zu sol-

tungsmaßstab vorliegt, ist diese für die Ermittlung und Beschreibung irrelevant, weil nicht entscheidungserheblich."

⁶⁰ Kontrovers diskutiert wurde diese Frage – Indikator oder Ursache – beispielsweise auch im Zusammenhang mit der Gleichberechtigung von Frauen und Männern und *ihrer sprachlichen Gleichbehandlung*. Zur sprachlichen Gleichbehandlung vgl. z.B. Albrecht und Pantli (1996).

chen Zeitungsartikeln: (...) 'Braungestreifte Beißwanze verhindert Neubaugebiet'. Das steht dann in der Zeitung. Das ist die Realität!" (Nsch.-26:24f)

Weitere Zitatbeispiele (in Abschnitt 9.5 der Langfassung) zeigen, dass die mit großen Unsicherheiten verbundenen Wirkungsbereiche für die Abwägung ein sehr geringes Gewicht erhalten, begründet jeweils mit ganz verschiedenen Argumenten, welche sich durchaus nicht nur auf die Unsicherheit beziehen (z.B. rechtliche Argumente). Einige Befragte weisen beispielsweise auf den hohen Begründungsbedarf für Ausgleichsmaßnahmen hin, der bei unsicheren Folgen nicht erfüllt werden könne. Daher sei ein *vorsorglicher Ausgleich* für bestehende Unsicherheiten nicht durchsetzbar:

"Mehr Ausgleich, das ist deshalb schon ein Problem, weil Sie das ja begründen müssen über die Flächenanforderungen, und weil Sie zum Teil ja auch auf Privatflächen gehen müssen. (...) Und da brauchen Sie schon total gute Begründungen. (...) Das führt dann de facto dazu, dass gar kein Ausgleich realisiert wird, sondern alles in Ausgleichsabgabe beispielsweise dann letztendlich geht, weil man sagt, man hat die Flächen nicht zur Verfügung, oder weil man sagt, es fehlt die Begründung für Enteignung oder sonstwas." (Lpl.-32:8f/36:12)

Die vierte Frage nach den *Strategien* zum Umgang mit Unsicherheiten beantworten die Befragten fast ausschließlich mit rein auswirkungsorientiert begründeten Vorschlägen. Eine der ganz wenigen Ausnahmen hierzu betrifft den Vergleich von Varianten:

"Also allenfalls, dass es vielleicht einen Ausschlag geben könnte. (...) Wenn man sonst kaum etwas weiß, (...) und bei der einen Variante die Unsicherheit vielleicht sehr groß ist und bei der anderen sehr klein, dass man dann sagt, (...) aus dem unsicheren Gefühl heraus nehmen wir die Lösung, bei der die Unsicherheit etwas geringer ist. Im Sinne von 'auf der sicheren Seite liegen'." (Vpl.-51:31)

In der Strategie von Position D werden die Unsicherheiten nach Art und Höhe der vermuteten Risiken unterschieden. Bestimmte "große" Schäden sollen ausgeschlossen werden, daher sind gegebenenfalls weitere Untersuchungen nötig, bevor eine Genehmigung möglich ist. "Kleinere" Risiken dagegen gelten als "vertretbar" und können, falls dies möglich ist, durch einen etwas höheren Ausgleich kompensiert werden. Die Schilderungen der relevanten Argumente dafür, dass gemäß allen Positionen eine mehr oder weniger große Zahl von Unsicherheiten nicht weiter berücksichtigt wird, haben zwischen den sechs Positionen unterschiedliche Schwerpunkte, aber es bestehen auch Überschneidungen. Insbesondere das Argument, dass viele Folgen einer Straße "nicht änderbar" seien, wurde sowohl in Position A als auch in Position F als ein in der Abwägung wirksamer Gesichtspunkt genannt:

Position F: "Wenn wir das als Stellungnahme vorbringen, dann heißt es: 'Jagut, das wissen wir, dass das ... Das ist eben so'. (...) 'Zerschneidungseffekt - nagut, ist halt nicht änderbar.'" (Nsch.-50:48)

Position A: "Muss ich den denn wirklich untersuchen, den Laufkäfer, ich kann ja nichts ändern an der Zerschneidung! (...) Nur, ich kann's ja .. könnte das ja nur ändern, indem ich diese Straße nicht baue. (...) Dann muss ich ja überlegen, ist diese mögliche genetische Verarmung wirklich so gravierend, dass diese Straße nicht gebaut wird? Das wird in aller Regel nicht der Fall sein." (Vpl.-43:31f)

Hierin zeigt sich noch einmal die paradox erscheinende Nähe zwischen den beiden Positionen A und F, wobei im Hintergrund ein gegensätzliches Verhältnis gegenüber diesem Argument besteht: Für Position A stimmen Forderung und Realität überein, während die Realität in Position F mit Bedauern (und mit Resignation) zur Kenntnis genommen wird.⁶¹

Die Tendenz zur Ausklammerung von Ungewissheiten in der Abwägung kommt in den Aussagen der Befragten aus allen sechs Positionen zum Ausdruck. Eine Aussage aus der Gruppe "Naturschutz" bezieht sich auf die Unsicherheiten aufgrund von nicht untersuchten Bereichen:

"A: Und da weiß man eben sehr wenig. (...) Was nachts lebt, die ganzen Nachtfalter und so, da ist ein riesen Unsicherheitspotenzial da, das weiß ich alles nicht. Elektromog, (...) ob sich das für die Fledermäuse irgendwie auswirkt und so. Ist nicht erhoben, nicht untersucht. (...) Also wenn man das tiefgreifend berücksichtigen will, (...) bräuchte ich sehr viel mehr Informationen. (...)

F: Fallen die Ungewissheiten (...) unter den Tisch oder werden die irgendwie berücksichtigt?

A: Die werden in der Regel nicht angesprochen. Die fallen unter den Tisch." (Nsch.-36:18/39:21)

In der Gruppe "Verkehrsplanung" schließen einige Befragte aus, dass eine rationale Planung unbekanntes berücksichtigen könne:

"B: Ich habe da auch wieder Schwierigkeiten, also wenn ich etwas, was unbekannt ist, in einer Abwägung rational abwägen soll, hä! (*lacht etwas*) Das zeigen Sie mir mal! (...)

C: Und wenn sie uns dummerweise nicht bekannt sind, dann können wir sie auch nicht berücksichtigen." (Vpl.-43:31)

⁶¹ Zum Vergleich: "Prüfstein für kritische Eigenständigkeit wissenschaftlicher Forschung werden die gerade mit der Durchsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisansprüche gegenläufig entstehenden *Tabus der Nichtveränderbarkeit*: (...) Immer mehr Bereiche, Instanzen, Bedingungen, die nun alle prinzipiell veränderbar wären, werden von dieser Veränderungszumutung durch die Erarbeitung von 'Sachzwängen', 'Systemzwängen', 'Eigendynamiken' systematisch ausgeschlossen. Die Wissenschaften können nicht länger auf ihrer angestammten Aufklärungsposition des 'Tabu-Brechers' verharren; sie müssen auch noch die Gegenrolle des 'Tabu-Konstrukteurs' mitübernehmen. Entsprechend schwankt die gesellschaftliche Funktion der Wissenschaften zwischen Eröffnung und Schließung von Handlungsmöglichkeiten, und diese widersprüchlichen Außenerwartungen schüren professionsinternen Konflikte und Spaltungen." (Beck 1986: 257).

Ein weiteres wichtiges Argument gegen zusätzliche Maßnahmen zum Auffangen von Unsicherheiten sind die Kosten dieser Maßnahmen:

"Wir machen niemals zuviel, weil es immer kostenmäßig minimiert werden (...) muss. (...) Wenn ich was nicht weiß, dann handle ich auch deswegen nicht." (Vpl.-36:26f)

In der Gruppe "Landschaftsplanung" argumentieren einige Befragte ähnlich wie in der Gruppe "Verkehrsplanung" gegen die Möglichkeit, unbekannte Wirkungen in einer Planung zu berücksichtigen:

"Ja, man kann eigentlich Nichtwissen nicht beachten. (...) Meine ich." (Lpl.-36-30)

Eine befragte Person aus der Gruppe "Landschaftsplanung" weist allerdings darauf hin, dass manche Unsicherheiten in derzeitigen Planungen über das fachlich vertretbare Maß hinausgingen. Ausschlaggebend für das tatsächlich verbleibende Ausmaß von Unsicherheiten sei letztlich die Wahrscheinlichkeit einer gerichtlichen Überprüfung:

"A: Also meine Kenntnis ist, dass eine ganze Reihe Vorhaben derzeit mit nach meiner Einschätzung völlig unzureichendem Standard auch in die Planfeststellung gehen.

F: Ja? Und was passiert da mit solchen Unsicherheiten?

A: Diese Unsicherheiten werden entweder nicht erwähnt, als solche. Sondern da wird gesagt, das wird für ausreichend erachtet. (...) Also es findet nicht als Unsicherheit Eingang. Denn wenn es das täte, und wenn ich mich zum Beispiel in der Kaule-Bewertungsstufe zwischen 8 und 5 bewegen kann, (...) dann ist das eine Unsicherheit, mit der ich so nicht in die Planung gehen kann. Aber de facto wird das gemacht. In Vorhaben. Die Frage ist, wann solche mal wieder sozusagen vor Gericht zu Fall gebracht werden." (Lpl.-34:10f)

Zusammenfassend lassen sich die vier Fragen aufgrund der Interviewergebnisse in der folgenden Weise beantworten:

- Ein – nicht wertender – Begriff für die Art von Unsicherheit, die einzelne Befragte aus allen drei befragten Gruppen als "Spekulationen" oder "gewisse Restrisiken" bezeichnen, ist nicht erkennbar. Hier besteht eine "Lücke" im Begriffsspektrum.
- Die Argumentation erfolgt fast ausnahmslos auswirkungsorientiert. Nicht genauer abschätzbare Wirkungen (u.a. Summenwirkungen) bleiben damit in der Abwägung im wesentlichen unberücksichtigt.
- Die Befragten nennen mehrere unterschiedliche Argumente dafür, dass nicht genauer abschätzbare unsichere und unbekannte Folgen nicht entscheidungsrelevant sind, unter denen die mangelnde Handhabbarkeit, die rechtliche Situation (auch als Ausdruck des "Zeitgeistes") und die Nicht-Abänderbarkeit vieler Eingriffsfolgen im Vordergrund stehen. Zum Teil erfolgen hier kaum Differenzierungen, sondern mehrere Befragte schieben insbesondere die Summenwirkungen generell den menschlichen

Aktivitäten bzw. der gesellschaftlichen Entwicklung zu, der gegenüber man ohnmächtig sei.

- "Vorsorge" wird in der Praxis lediglich im Sinne von "Vermeidung einigermaßen gut bekannter Risiken" betrieben.

Insbesondere Unsicherheiten über Summenwirkungen werden nach Darstellung der Befragten nicht berücksichtigt, obwohl alle Befragten damit eine Vorstellung verbinden und davon ausgehen, dass es sie gibt. Der Erfolg von Ausgleichsmaßnahmen scheint relativ selten evaluiert zu werden und wenig bekannt zu sein. Mehrere Befragte weisen darauf hin, dass es fast keine Untersuchungen hierzu gebe.

Die Probleme liegen sicher nicht *allein* auf begrifflicher Ebene. Wenn man den Problemen adäquat begegnen wollte, würde dies auch die politische und die rechtliche Ebene betreffen. Dann aber bräuchte man als Voraussetzung ein Instrument, um solche mit Unsicherheiten behafteten Wirkungsbereiche differenzierter – und wertfrei – zu bezeichnen und zu charakterisieren. Auch wenn das Wissen unsicher ist, die eintretenden Folgen sind deshalb nicht weniger real.

Die Frage, ob die verbleibenden Unsicherheiten Konsequenzen für die Planung haben können, wird von mehreren Befragten aus der Gruppe „Verkehrsplanung“ mit dem *Vorwurf der Irrationalität* zurückgewiesen:

"... so kann man nicht vorgehen, ne. Sonst ... plant man nicht mehr nach rationalen Gesichtspunkten! Wenn man sozusagen was Unbekanntes planen will. (...) Wir müssen mit der Unperfektheit leben und wir haben uns, glaube ich, Ihnen mehrfach im Gespräch schon nachgewiesen, dass der Grad der Unperfektheit bei Verkehrswegeplanungen, speziell Straßenplanungen, sehr gering ist, ne. Also, damit muss man sich jetzt sozusagen abfinden." (Vpl.-44:32)

Auch das folgende Zitat erinnert an U. Beck (1988: 102):

"B: Wenn wir da irgendwas ankreuzen, nicht wahr, da haben Sie keine wissenschaftliche Aussagequalität (*lacht etwas*). -

F: Neinnein, das ist ja rein eine Einschätzungs... -

B: Ja, ja, aber auch die Einschätzung, mit der fangen Sie nichts an. Weil sie .. weil sie spekulativ ist, das ist .. nee, also, dort ist .. wehre ich mich da dagegen , da jetzt da irgendeine ... -

C: Das wäre genauso falsch, wenn wir jetzt irgendwas sagen würden. -

B: Ja natürlich, eben. -

C: Zum Beispiel, wenn wir dreißig sagen würden oder fünfzig oder ... -

B: Ja, nach dem Motto, wir beteiligen uns an Spekulationen... (*B und C lachen*)" (Vpl.-31:19)

Der Vergleich mit U. Beck hat in der vorliegenden Arbeit lediglich heuristische und illustrierende Funktion. Gewisse Parallelen zwischen den Interviewergebnissen und der Polemik Becks zeigen sich hinsichtlich der folgenden Aspekte:

- "Tabus der Nichtveränderbarkeit" / "Systemzwänge" / "Eigendynamiken" (Beck 1986: 257, 282)
- "beweisbare Unbeweisbarkeiten" (Beck 1988: 102; vgl. auch Abschnitt 2.3)⁶²
- "organisierte Unverantwortlichkeit" (Beck 1988: 103f)
- Vorwurf der Irrationalität (Beck 1988: 104)⁶³
- Welche Wissenschaft ist zu betreiben angesichts der Absehbarkeit unerwarteter Nebenfolgen? (Beck 1986: 258)

Beck hingegen fordert eine "Spezialisierung auf den Zusammenhang" in der Wissenschaft (Beck 1986: 295); vgl. hierzu auch Kapitel 4.

⁶² "Im Gang durch die Instanzen trifft der Protest entsprechend überall auf das wissenschaftliche Empfangspersonal, deren Willkommens-Abwehr ebenso geschickt wie effektiv ist. Sie begrüßen den Protest mit der lebenswürdig-doppelbödigen Frage nach der *Präzision* des Anliegens (das sie im übrigen nur zu gut verstehen und im Kern ja durchaus teilen) und führen ihn dann an den Ketten der Beweislast (...) an dem Ring seiner eigenen Naivitätsnase in den Labyrinthen *beweisbarer Unbeweisbarkeiten* (...) – nicht in die Irre, Gott bewahre, in die Geheimnisse strenger Wissenschaft ein, die, will der Protest sich nicht purer Irrationalität schuldig machen, auch sein ureigenstes, innerstes Anliegen sein muss. Wer diesen Ratschlägen folgt und wirklich über die Dinge nachdenkt, kann am Ende nur um Entschuldigung für sein lautstarkes Auftreten bitten - und im übrigen die Ursachen für das Gefahrenbewusstsein, das ihn peinigt und aufgestachelt hat, bei sich selbst suchen: übertriebene Ängste, subjektives Versagen, Verschleierung von Unsicherheiten, die, aus Arbeitslosigkeit, Ehe, Familie usw. resultierend, auf die Umwelt projiziert werden." (U. Beck 1988: 102).

⁶³ Vgl. Beck: "Im Alltag, auch in Politik und Wirtschaft, selbst in den Wissenschaften, wird naiv davon ausgegangen, dass Gefahren (...) nach den üblichen Kriterien von Kausalität und Schuld aufgedeckt, verfolgt, abgehandelt und (...) vermieden werden können. Doch diese Sicht gehört zu den Naivitäten, die das *System der organisierten Unverantwortlichkeit* verdecken. (...) Gefahren werden zu Risiken kleingerechnet, wegverglichen und als unwahrscheinliche 'Restrisiken' rechtlich und wissenschaftlich normalisiert, wodurch Proteste zu Ausbrüchen von 'Irrationalität' stigmatisiert werden. (...) Wer die Fahnen des strikten Kausalnachweises schwingt, diesen auch noch den Geschädigten selbst zumutet, fordert nicht nur etwas, dessen Undurchführbarkeit inzwischen wissenschaftlich hinreichend erhärtet ist, sondern errichtet dadurch auch ein glänzendes Schutzschild, um steigende, kollektiv bedingte Gefahren hinter hochlegitimen 'Wissenschaftlichkeitsstandards' politisch unbearbeitbar zu machen und den einzelnen zuzuschreiben." (U. Beck 1988: 104f).

10.5 Zur Möglichkeit von Zielvorgaben

Die Frage, wie die Befragten den Grenzwertvorschlag beurteilen, umfasst drei Aspekte:

- Wie stark unterstützen die Befragten das Ziel, die Zerschneidung zu begrenzen?
- Sehen sie die Maßnahme eines Grenzwertes dafür als ein geeignetes Mittel an?
- Löst die Aussicht auf Erreichbarkeit des Zieles durch einen Grenzwert bei den Befragten Hoffnung und Engagement aus, oder ziehen sie sich zurück und stellen das Begrenzungsziel nachträglich wieder infrage?

Es lässt sich aufgrund der Aussagen der Befragten nicht sagen, dass ein Grenzwert generell als sinnlos oder sinnvoll, als realisierbar oder unmöglich wahrgenommen würde. Beispielsweise äußern bezüglich der Operationalisierbarkeit einige Befragte starke Zweifel, andere hingegen machen konkrete Vorschläge, wie sie sich eine Operationalisierung vorstellen. Am auffälligsten ist die große Diskrepanz zwischen der – von mehreren Befragten aus allen drei Gruppen geäußerten – Dringlichkeit des Ziels, die Zerschneidung zu begrenzen, und der tatsächlich erwarteten weiteren Entwicklung der Landschaftszerschneidung.

Die systematische Zusammenstellung aller genannten Argumente für und wider die Einführung von Grenz- oder Zielwerten (Tab. 10.4 und 10.5) zeigt, dass die Aussagen der Befragten drei verschiedene Punkte betreffen:

- a.) methodisch-technische Möglichkeiten und Schwierigkeiten, einen Grenzwert zu formulieren,
- b.) Einschätzungen zur Eignung und Durchsetzbarkeit der Maßnahme angesichts der bisherigen Erfahrungen der Befragten,
- c.) Beurteilungen darüber, wie wünschenswert und dringlich eine Begrenzung der Landschaftszerschneidung ist.

Die Gegenargumente der Befragten aus der Gruppe „Naturschutz“ beziehen sich ausschließlich auf die methodisch-technischen Schwierigkeiten, einen Grenzwert zu formulieren, während in der Gruppe „Landschaftsplanung“ Zweifel an der Eignung und an der Durchsetzbarkeit der Maßnahme im Vordergrund stehen. Einzig in der Gruppe „Verkehrsplanung“ werden – außer methodischen Schwierigkeiten und Skepsis an der Eignung der Maßnahme – auch am Ziel, die Zerschneidung zu begrenzen, grundsätzliche Zweifel geäußert.

(1) Naturschutz	(2) Verkehrsplanung	(3) Landschaftspl. u.a.
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Zerschneidungsgrad-Index wäre gut für eine <i>Ist-Wert-Beschreibung</i> (als Meßgröße für statistische Aussagen zur Zu- und Abnahme). • Ein Zerschneidungsgrad-Index wäre auch geeignet für die Spezifizierung der <i>Forderung</i>, daß er zukünftig nicht weiter ansteigen darf, sofern sich das begründen läßt. • <i>Neuigkeitswert des Ansatzes</i>: <ul style="list-style-type: none"> a.) Einen Gradmesser der Zerschneidung gibt es bisher nicht. b.) Ein solches Maß wäre auch für die <i>Bewertung</i> der Zerschnitttheit einer Landschaft geeignet. c.) Ein landschaftsbezogener Grenzwert ist ein interessanter neuer Ansatz. d.) Ein solches Maß könnte sich z.B. auf die Analyse der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UVR)* stützen; daneben gibt es noch weitere Ideen zur Operationalisierung einer solchen Meßgröße.** e.) Vorstellbar wäre für den Einzeleingriff ein Wertstufenmodell mit z.B. drei oder fünf Wertstufen. • Ein Grenzwert wäre wirkungsvoller in der politischen Argumentation als die derzeitigen Absichtserklärungen und Appelle. • Ein <i>Zielwert</i> wäre geeignet, um Zielvorgaben einzubringen zu den bestehenden Forderungen (wie Erhaltung unzerschnittener Räume etc.), um diese dadurch zu verstärken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es wäre wichtig, durch die Einführung eines Grenzwertes überhaupt einmal die derzeitige Entwicklung infrage zu stellen und ein Zeichen zu setzen, daß es nicht so wie bisher weitergehen kann. • Nur durch ein Verbot mittels eines Grenzwertes läßt sich die weitere Zerschneidung und Zersiedelung der Landschaft verhindern (und die mit der dispersen Siedlungsausbreitung verbundenen verkehrlichen Nachteile wie Behinderung der Fließfähigkeit des Verkehrs auf den bestehenden Strecken). • Eine klare Regelung durch einen Grenzwert würde Rechtsstreit ersparen. • Es wäre eine Regel, welche für die weitere Planung eine <i>Orientierung</i> vorgibt (anstelle der heutigen Kette von Bedarfsdeckung und Bedarfsweckung). • Vielleicht würden Planungen dadurch preiswerter, richtiger oder gerechter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Meßgröße für Zerschneidung wäre für statistische <i>Dokumentationszwecke</i> verwendbar. • Die Sicherung großräumig unzerschnittener Räume ist eine sehr wichtige und dringliche Aufgabe. • Eine Zerschneidungs-Meßgröße wäre als <i>Zielwert</i> geeignet. Zielwerte drücken die angestrebte Entwicklungsrichtung an. Diese Zielwerte könnten nach der Art des Raumes differenziert werden, z.B. in: <ul style="list-style-type: none"> a.) Vorrangräume für großflächig unzerschnittene Bereiche: keine weiteren Zerschneidungen zulässig, Vorrang für Aufhebung bestehender Zerschneidungen, b.) Vorgabe von Zielwerten für ländliche Räume, c.) möglicherweise Duldung weiterer Zerschneidungen in Ballungsräumen.

* nach den Untersuchungen von D. Lassen (1979, 1990) und M. Herbert (Bundesamt für Naturschutz 1999), vgl. Abschnitt 3.3 in der Langfassung.

** Eine befragte Person entwickelt hierzu im Gespräch mehrere adhoc-Vorschläge.

Tab. 10.4: *Pro-Argumente*: Befürwortende Argumente der Befragten für die Einführung eines Grenz- oder Richtwertes für die Landschaftszerschneidung.

(1) Naturschutz	(2) Verkehrsplanung	(3) Landschaftspl. u.a.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bezugsproblem</i>: In Bezug auf <ol style="list-style-type: none"> a.) welchen Aspekt (Ästhetik, Landschaftsstruktur, welche Tierarten, welche Erholungssuchenden) b.) welchen Raum (Verdichtungsraum oder ländlichen Raum) und c.) welchen Maßstab soll der Grenzwert definiert werden? • Zweifel an der Formulierbarkeit eines Grenzwertes aufgrund des <i>Bezugsproblems</i>. • <i>Indexproblematik</i>: In der Berechnungsvorschrift für einen jeden Index werden Prämissen gemacht, die bei der späteren Anwendung leicht vergessen werden. Die Aussage von Durchschnittswerten beispielsweise ist oft viel zu pauschal. Der Index wird dann zu einem rein theoretischen Rechenfaktor ohne Aussagekraft; dies führt zur Gefahr von Mißbrauch und Irreführung. • Ein Index ist aufgrund der <i>Indexproblematik</i> nicht zum Vergleich verschiedener Gebiete im Sinne ihrer Bewertung geeignet. • <i>generelle Grenzwertproblematik</i>: <ol style="list-style-type: none"> a.) Es besteht die Gefahr, daß man sich in Sicherheit wiegt, solange man die Grenzwerte einhält. b.) Die Festlegung des Grenzwertes erscheint oft fließend oder willkürlich. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bezugsproblem</i>: Der Grenzwert müßte differenziert werden in Bezug auf Acker, Wald, Wiese, Feuchtgebiete, Moore etc. sowie bezüglich unterschiedlicher Bodenqualitäten. • Der Aufwand an Differenzierungen aufgrund des <i>Bezugsproblems</i> erscheint nicht bewältigbar. • <i>Verrechenbarkeitsproblem</i>: Es gibt keinen objektiven Maßstab für Schäden an Natur und Landschaft, daher auch nicht zur Verrechnung zwischen Zerschneidung von Wiese gegen Wald etc. • <i>generelle Grenzwertproblematik</i>: Es ist nicht möglich, ein bestimmtes Maß objektiv festzulegen, ab wo die Zerschneidung unakzeptabel wäre. • Es besteht die Gefahr, der Grenzwert könnte "insgesamt die Entwicklung behindern". • Ein Grenzwert ist nicht nötig, denn Ziele wie eine Neuordnung des Straßennetzes oder eine Diskussion der Zerschneidung sind auch ohne das möglich. • Die bestehende Gesetzgebung reicht aus, es ist bereits alles juristisch geregelt. • Neue Kriterien aufzustellen kostet Geld, wer soll dafür zahlen? Wer hat die Nachteile zu tragen? Wer würde durch solchen Grenzwert in welcher Weise bestraft, z.B. im Fall einer Übertretung? 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein Grenzwert wäre wahrscheinlich sehr schwierig zu entwickeln. • Ein Grenzwert wäre nicht umsetzbar, weil man ihn wieder hochsetzen müßte, um eine neu geplante Strecke bauen zu können. • Es ist nicht vorstellbar, daß sich jemand an den Grenzwert halten würde, denn bereits das Postulat, große unzerschnittene Räume zu erhalten, wird heute ständig verletzt, und der geforderte Straßenrückbau wird schon heute kaum umgesetzt. • <i>generelle Grenzwertproblematik</i>: Der Raum bis zum Grenzwert würde vollständig aufgefüllt werden; das wäre aber die falsche Entwicklungsrichtung, daher wäre ein Zielwert besser. • Die tatsächliche Wirkung von Überlastungskennziffern ist schwer im vorneherein abzuschätzen, möglicherweise erfolgen z.B. nur Verschiebungen oder nur ein gleichmäßiges Anfüllen, aber kein Rückbau.

Tab. 10.5: *Kontra-Argumente*: Gegenargumente der Befragten gegen die Einführung eines Grenz- oder Richtwertes für die Landschaftszerschneidung

Die Aussagen der Befragten (Pro- und Kontra-Argumente und die vertretenen Standpunkte zum Grenzwertvorschlag) führen zu fünf idealtypischen *Positionen*. Die Unterschiede zwischen den Positionen betreffen den befürworteten Verwendungszweck eines

quantitativen Zerschneidungsmaßes (als Messgröße, Zielwert oder Grenzwert) und den Grad der Zustimmung bzw. Ablehnung:

- *Position 1* – Prinzipielle Zustimmung als *Grenzwert*
[Fallzahlen: 2-mal in Gruppe 'Vpl.', 2-mal in 'Nsch.' und 1-mal in 'Lpl.'];
- *Position 2* – Zustimmung als *Zielwert*
[1-mal in Gruppe 'Nsch.' und 1-mal in 'Lpl.'];
- *Position 3* – Zustimmung *lediglich als Messgröße*
[1-mal in Gruppe 'Nsch.'];
- *Position 4* – *Unentschieden* wegen fehlender Abklärung der tatsächlichen (Neben-) Wirkungen [1-mal in Gruppe 'Lpl.'];
- *Position 5* – *Ablehnung* (aus unterschiedlichen Gründen)
[1-mal in Gruppe 'Vpl.', 2-mal in Gruppe 'Lpl.'].

Die Positionen spannen ein heterogenes Spektrum an Haltungen und Argumentationen der Befragten auf. Während in der Gruppe „Naturschutz“ die Begrüßung eines Ziel- oder Grenzwertes überwiegt, sind in Gruppe „Verkehrsplanung“ und „Landschaftsplanung“ sowohl zustimmende als auch skeptische und ablehnende Positionen vertreten.

Die Ergebnisse lassen für den Verlauf der Konfliktlinien in einer Auseinandersetzung um die Einführung eines Grenzwertes nicht nur *zwischen* den drei Gruppen divergierende Ansichten erwarten, sondern auch *innerhalb* der drei Gruppen:

- In Bezug auf das Ziel einer Begrenzung der Landschaftszerschneidung erscheinen Auseinandersetzungen zwischen der Gruppe 'Verkehrsplanung' einerseits und den beiden anderen Gruppen andererseits, aber auch innerhalb der Gruppe 'Verkehrsplanung' absehbar (Aspekt c. der Argumente).
- Hinsichtlich der Eignung und Durchsetzbarkeit der Maßnahme sind unterschiedliche Positionen vor allem zwischen 'Verkehrsplanung' auf der einen und 'Naturschutz' auf der anderen Seite sowie innerhalb der Gruppe 'Landschaftsplanung' zu erwarten (Aspekt b.).
- Für die Frage, welche methodischen Möglichkeiten es für eine Grenzwertaufstellung gibt, zeichnen sich Auseinandersetzungen innerhalb der Gruppe 'Naturschutz' sowie zwischen den Gruppen 'Verkehrsplanung' und 'Landschaftsplanung' ab.

Folglich ist gemäß den Befragungsergebnissen damit zu rechnen, dass sich bezüglich der drei Aspekte a. bis c. wechselnde Koalitionen zwischen den drei Befragtengruppen ergeben werden.

Über die von den Befragten genannten Argumente hinaus gibt es weitere substantielle Argumente zum Grenzwertvorschlag – insbesondere befürwortende Argumente. Beispielsweise ermöglicht ein quantitativer Grenz- oder Richtwert eine *Zerschneidungsbilanz*, wodurch der als Ausgleich für Neuzerschneidungen benötigte Rückbau quantitativ bestimmbar wird.

Die Diskussion der *Gegenargumente* der Befragten zeigt, dass sie überwiegend *nicht spezifisch* sind für das Thema Landschaftszerschneidung, sondern generelle Schwierigkeiten bei der Quantifizierung und Bewertung von Umwelteinwirkungen und bei der Festlegung von Grenzwerten betreffen. Daher scheinen viele dieser Kontra-Argumente auf ähnliche Weise überwindbar zu sein, wie dies auch in anderen Umweltbereichen bei Grenzwerten und weiteren Umweltstandards gelungen ist (vgl. z.B. SRU 1996a, Pinkau und Renn 1998).

Auffallend ist, dass nur relativ wenig Befragte einen optimistischen Willen zur Trendumkehrung bei der Landschaftszerschneidung erkennen lassen. Mehrere Befragte nehmen eine "neutrale" Haltung gegenüber der heutigen Entwicklung an oder äußern den Eindruck, dass derzeit sämtliche Maßnahmen aussichtslos seien. Dass eine Trendwende an sich nicht nur sehr zu wünschen, sondern dringend notwendig ist, wird jedoch von mehreren Befragten aus allen drei Gruppen hervorgehoben. Lediglich in der Gruppe „Verkehrsplanung“ äußern Befragte Zweifel am Stellenwert des Ziels, die Landschaftszerschneidung zu begrenzen. Somit besteht eine starke Diskrepanz zwischen der geäußerten Vorrangigkeit einer Trendänderung einerseits und der tatsächlichen Entwicklung sowie dem Engagement für Maßnahmen andererseits.

Synthesekapitel: Integration der Ergebnisse zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen

11 Erste Antworten auf die Forschungsfragen

Kapitel 11 hat die Aufgabe, die (Teil-)Ergebnisse aus den Teilen I, II und III zusammenzuführen und so miteinander zu verknüpfen, dass sie Antworten auf die Forschungsfragen und Hypothesen von Kapitel 1 geben und Lösungs- oder Verbesserungsvorschläge für das Ausgangsproblem der fortschreitenden Landschaftszerschneidung erkennen lassen. Grundlage für diese Verknüpfungen ist die Struktur des Bewertungsproblems, wie sie in Kapitel 1 und 2 dargestellt wurden. Das Konzept der Umweltgefährdung (Kapitel 2, vgl. auch Jaeger 1998, Scheringer 1999) dient ebenfalls zur Verknüpfung, da auf seiner Grundlage Lösungs- oder Verbesserungsvorschläge entworfen und diskutiert werden und da die Teile II und III unter Bezugnahme auf das Gefährdungskonzept aufgebaut wurden.

Als erster Verknüpfungsschritt wird in Abschnitt 11.1 und 11.2 das Ausgangsproblem der Landschaftszerschneidung reformuliert, um die Art und Struktur des Problems genauer aufzuschlüsseln. Die Abschnitte 11.3 bis 11.7 setzen sich mit den fünf Leitfragen und den zugehörigen Hypothesen auseinander, welche zu Beginn der Arbeit formuliert wurden. Abschnitt 11.8 führt aus, auf welche Weise das Konzept der Umweltgefährdung die Struktur des Problems der fortschreitenden Landschaftszerschneidung so verändern kann, dass das Problem für neue Lösungsvorschläge zugänglich wird. Aufbauend auf diesem Ansatz trägt Abschnitt 11.9 Anforderungen an normativ relevante Indikatoren für strukturelle Landschaftsveränderungen zusammen, und Abschnitt 11.10 skizziert weitere Arbeitsschritte, um solche Indikatoren zu operationalisieren.

11.1 Integration der Beiträge aus den Teilen I-III zum Problemverständnis: der „Zerschneidungszirkel“

11.1.1 Die Analyse der Problemstellung „fortschreitende Landschaftszerschneidung“ . . .

Der Trend einer zunehmenden Landschaftszerschneidung ist nach wie vor ungebrochen. Die quantitative Analyse der Untersuchungsgebiete KSM und Strohgäu zeigt, wie stark dieser Trend bisher war. Für die Zukunft wären durchaus auch andere Entwicklungsszenarien denkbar,⁶⁴ doch deutet derzeit nichts auf eine Trendänderung hin. Zwar stufen die Befragten aus allen drei Gruppen Naturschutz, Verkehrsplanung und Landschaftsplanung das Thema "Landschaftszerschneidung" als ein gravierendes Umweltproblem ein (vgl. Abschnitt 9.1 der Langfassung), doch gleichzeitig erwarten sie, dass die weitere bauliche Entwicklung im Strohgäu mit hoher Sicherheit den bestehenden Trend fortsetzen wird (vgl. Abschnitt 10.5). Wie lässt sich die Diskrepanz zwischen dem Problembewusstsein und der sicheren Erwartung der Trendfortsetzung erklären? Welche Folgerungen lassen sich daraus ziehen über die *Voraussetzungen für die Möglichkeit einer Trendänderung*?

Das *Problematische* an der bestehenden Entwicklung einer kontinuierlich zunehmenden Zerschneidung der Landschaft liegt zum einen darin, dass die Zerschneidung eine große Zahl bekannter negativ bewerteter Folgen hat (Tab. 3.1) und eine Reihe weiterer unsicherer Folgen zu erwarten ist (insbesondere durch die Kumulation von strukturellen Landschaftsveränderungen), und zum anderen darin, dass dieser als negativ erkannte Trend trotz des Wissens um die bekannten und die unsicheren Folgen nahezu unvermindert fortgesetzt wird. Die Entwicklung ist also dadurch gekennzeichnet, dass die umgesetzten Lösungen für bestehende und erwartete Verkehrsprobleme *neue* Probleme schaffen bzw. andere bestehende Probleme vergrößern. Dass dieses Fortschreiten der Landschaftszerschneidung ein lebensweltliches *Problem* ist, spiegelt sich im Neef'schen Modell landschaftsverändernder Prozesse (Abb. 11.1) an *mehreren* Stellen:

- (a) *Vergleich der erwarteten Folgen mit dem tatsächlichen Verhalten des Naturhaushaltes*: Ökosysteme verhalten sich oftmals nicht so, wie es von ihnen aufgrund des Verhaltens von Ökosystemkomponenten zu anderen Zeiten oder an anderen Orten zum Zeitpunkt der Planung erwartet wurde – damit wird eine wesentliche Entscheidungsgrundlage im nachhinein fragwürdig.

⁶⁴ wie z.B. die im Projekt "Synoikos" für die Region "Kreuzung Schweizer Mittelland" vorgestellten Umbauszenarien (vgl. Abschnitt 7.2.4 in der Langfassung) oder das Oasen-Konzept des VCD (vgl. Abschnitt 7.2.5 in der Langfassung) zeigen.

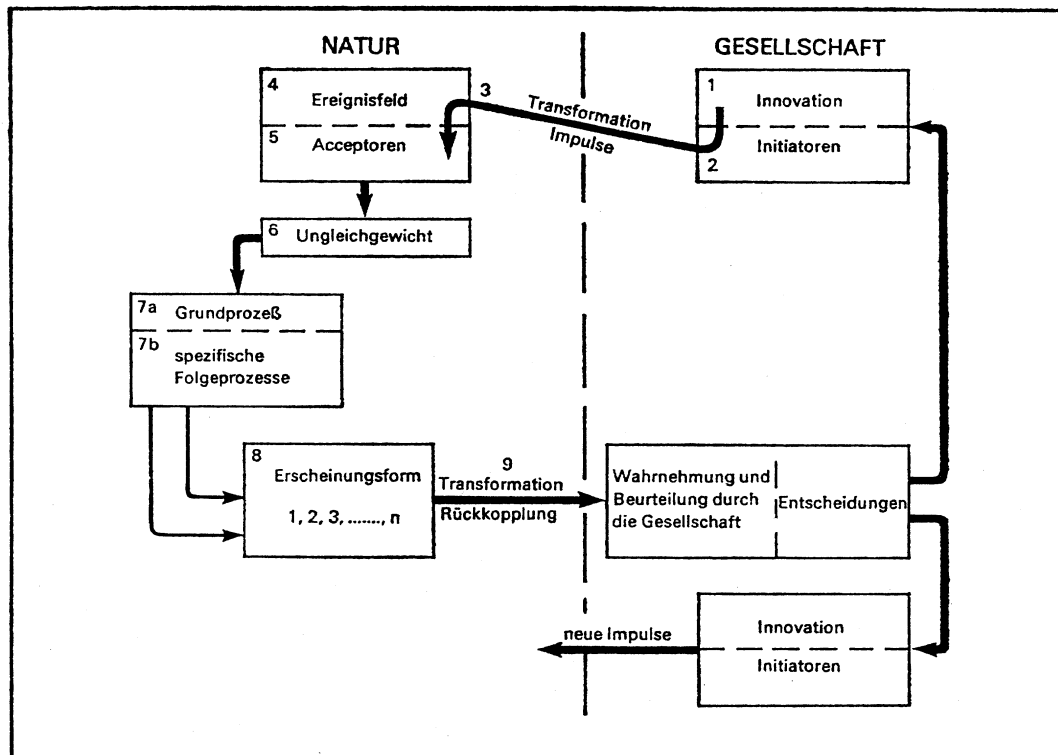


Abb. 11.1: Das „monodynamische Modell landschaftsverändernder Prozesse“ von E. Neef (1979) stellt den disziplinenübergreifenden Problemzusammenhang des Landschaftswandels in den Vordergrund. (Erläuterungen: "Innovation" = Einführung einer Neuerung in der Landnutzung, z.B. eine Flächenumwidmung; "Initiatoren" = von der Innovation ausgehende, möglicherweise Veränderungen auslösende Faktoren, z.B. stärkere Vegetationsfreiheit des Bodens; "Impulse" = für das Beziehungsgeflecht im Naturraum wirksame Einflussnahme der Initiatoren; "Acceptoren" = auf die Einwirkungen empfindlich reagierende Größen; "Grundprozeß" = angestoßener und kontinuierlich ablaufender Vorgang, z.B. erhöhter Wasserabfluss an der Bodenoberfläche; "Erscheinungsform" = feststellbare Manifestation der Folgen, z.B. Akkumulation von Boden am Unterhang.)

- (b) *Vergleich der gesellschaftlich rezipierten Folgen mit den gesellschaftlichen Ziel- und Wertvorstellungen:* Die (Neben-)Folgen der Landschaftseingriffe, die der Umsetzung verkehrspolitischer Ziele dienen, führen dazu, dass andere gesellschaftliche Ziele oder Werte nicht (oder nicht mehr) erreicht bzw. verletzt werden. Hierbei spielt u.a. eine Rolle, dass es für den Schutz von UVR vor Landschaftszerschneidung bisher so gut wie keine wirksamen Umsetzungsverfahren gibt, für den Bau von Verkehrslinien hingegen ein sehr umfangreiches und leistungsfähiges Planungsinstrumentarium.
- (c) *Vergleich unterschiedlicher gesellschaftlicher Ziel- und Wertvorstellungen:* Es bestehen Wert- und Zielkonflikte zwischen den Zielen des Natur- und Landschaftschutzes und den Zielen der Verkehrsplanung und Konflikte zwischen verschiede-

nen Arten von Rationalität,⁶⁵ die sich innerhalb der Gesellschaft u.a. als Interessenkonflikte zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren darstellen.

- (d) *Für sehr viele Landschaften bestehen Unschärfen hinsichtlich der Beurteilung des Ausgangszustandes, des Zielzustandes und früherer Zustände (d.h. es liegen sog. "ill-defined problems" vor):* Der Ist-Zustand einer Landschaft lässt sich hinsichtlich des Kriteriums "Nachhaltigkeit" nur sehr unscharf beurteilen (ähnliches gilt für frühere Zustände); ebenso ist oft schwer anzugeben, worin denn ein zukünftiger nachhaltiger Zustand konkret bestehen soll.

Je nach der Verortung des Problems im Neefschens Modell erscheinen unterschiedliche Wege mehr oder weniger naheliegend, um eine Änderung zu erreichen; beispielsweise:

- zu (a): Verstärkung der Steuerung (und Technisierung) des Naturhaushaltes, um die Berechenbarkeit und "Zuverlässigkeit" seines Verhaltens zu erhöhen (z.B. durch Eingriffe ins Erbgut mit gentechnischen Verfahren).
- zu (b): Aufgabe bzw. Anpassung von ökologischen Zielsetzungen "an die verkehrlichen Realitäten" (d.h. Resignation)⁶⁶ oder Veränderung der Mobilitätsziele und des Mobilitätsverhaltens (d.h. "Wertewandel").
- zu (c): Faires Aushandeln der Prioritäten zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Zielen und Werten bei kollektiv bindenden Entscheidungen.
- zu (d): Verbesserung der Bewertungskriterien und -indikatoren entsprechend *verschiedenen komplementären* Konzepten (insbesondere gemäß dem Konzept der Wirkungsanalyse *und* dem Konzept der Umweltgefährdung).

⁶⁵ z.B. zwischen kollektiver und individueller Rationalität sowie zwischen Rationalitäten mit verschiedenen Zeithorizonten (Kurzfristgewinne versus Langfristverantwortung).

⁶⁶ "Ich glaube, es besteht kein Anlass zu der Illusion, dass sich Ziele der Landschaftserhaltung gegenüber Einkommens- und Beschäftigungszielsetzungen generell durchsetzen könnten, auch wenn dies im kleinräumig definierten Einzelfall manchmal notwendig ist und durchzusetzen sein muss." (Treuner 1979, zitiert nach Langer et al. 1981: 62). Dies ist ein Beispiel für die Resignation im Großen (d.h. die Landschaftszerschneidung geht immer weiter) und die Konzentration von Schutzbestrebungen lediglich auf einzelne Projekte, d.h. im kleinen Maßstab – d.h. im Kleinen zeigt man sich von politischer Seite auch einmal großzügig gegenüber dem Naturschutz.

Ein Beispiel für die Großzügigkeit im Kleinen ist das folgende Zitat aus den Interviews: "Das ist sehr stark abhängig von der politischen Diskussion und welche Interessenverbände jetzt hier auftreten. Also wenn's jetzt gerade um das Beispiel Libellen geht, dann könnte ich mir vorstellen, (...) dass man einfach um politisch guten Willen zu zeigen, [sagt,] gut, dann machen wir da irgendwo ein Gewässer oder was weiß ich was, ja? Für die Libellen. (...) Sowas wird immer wieder mal gemacht. (...) Wenn das finanziell machbar ist, dass man dann im Rahmen von anderen Ausgleichsmaßnahmen noch ein bisschen mehr tut." (Vpl.-35:15f)

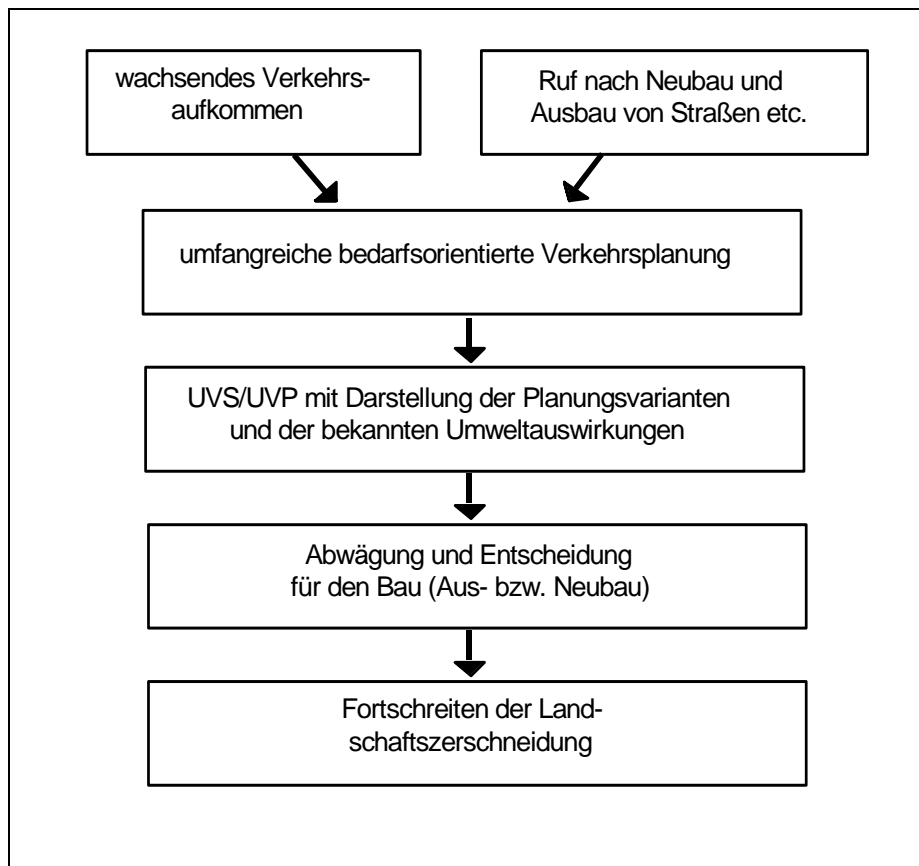


Abb. 11.2: Einige wesentliche Elemente der Ursachenkette für das Problem der fortschreitenden Landschaftszerschneidung. Die einzelnen Schritte des Planungsverlaufs (Linienfindung etc.) sind nicht aufgeführt. (Nicht dargestellt sind außerdem die Rückkoppelungseffekte wie die Erhöhung des Verkehrs durch Erholungssuchende, die immer weitere Entfernungen zurücklegen, um den Folgen des Verkehrs an ihrem Wohnort zu entfliehen.)

Selbstverständlich lässt sich das Problem der Landschaftszerschneidung nicht nur einem einzigen der Problempunkte (a) bis (d) zuordnen, sondern ist in dem *Zusammenhang* von ökologischen Eingriffsfolgen, Folgen- und Nebenfolgenwissen, gesellschaftlichen Folgenwahrnehmungen und Zielbestimmungen begründet, wie es das Neefsche Modell vereinfacht darstellt – d.h. es bestehen Abhängigkeiten und Rückkopplungen bzw. Rückkopplungsdefizite zwischen den verschiedenen Kräften des Landschaftsverbrauchs. Änderungen können daher im Prinzip alle vier Problempunkte einbeziehen. Solange die bestehenden Abhängigkeiten klar und übersichtlich sind, können aus dem Vergleich *aller* Vor- und Nachteile die besten bzw. die kompromissfähigsten Varianten bestimmt werden. Dieses Verfahren ist aber oftmals nur eingeschränkt verwendbar wegen des Auftretens von Unsicherheit bzw. Ungewissheit.

Damit ergeben sich vier zentrale Größen, deren Beziehungen für die Problemstruktur der Landschaftszerschneidung kennzeichnend sind:

- Wert- und Zielvorstellungen
- Maßnahmen/Verhalten
- Folgen und Nebenfolgen (einschl. Summenwirkungen) und ihre Wahrnehmung
- Wissen und Ungewissheit (über Folgen und Nebenfolgen sowie über Werte und Ziele)

Das Wechselspiel dieser vier Größen stellt ein Kräftefeld dar, aus welchem eine kontinuierliche Zunahme der Zerschneidung resultiert. Einige wesentliche Schritte hiervon sind in Abb. 11.2 dargestellt. Die Rolle der Unsicherheit wird aus dieser Abbildung nicht erkennbar, ihr wird daher im weiteren genauer nachgegangen.

Um die Stellung von Unsicherheit zu erschließen, ist es hilfreich, in einem vorbereitenden Schritt danach zu fragen, in welchem Verhältnis die Interviewergebnisse zu der Ursachenkette von Abb. 11.2 stehen: Deuten die Ergebnisse auf Zusammenhänge hin, welche den Ablauf von 11.2 eher unterstützen oder eher ihm entgegenwirken?

- Die Antworten der Befragten auf den Vorschlag, einen Grenzwert für die Landschaftszerschneidung als eine direkte Gegenmaßnahme zum bestehenden Trend einzuführen, zeigen unter anderem, dass eine solche Maßnahme angesichts der Entwicklung und der bisherigen Erfahrungen überwiegend für nicht durchsetzbar eingeschätzt wird. Die bisherige bedarfsorientierte Ausweitung der Siedlungsflächen und Verkehrswege wird als eine starke und kaum zu bremsende Kraft wahrgenommen. Ein Symptom dafür ist der große Widerstand vieler Gemeinden gegenüber dem Rückbau von Straßen, die ihre Funktion aufgrund neuer Straßen verloren haben.
- Unabhängig davon, ob ein Grenzwert tatsächlich sinnvoll wäre oder nicht – die vielen genannten Gründe gegen einen festen Grenzwert bzw. für eine Abschwächung der Grenzwertforderung zeigen, wie diese Gründe und Argumente als miteinander verbunden gesehen werden (ausgehend von der Bedarfsorientierung der Planung): Da die Zahl der Fahrzeuge und Transportleistungen stetig zunimmt, ist ein Bedarf nach Neubau und Ausbau von Verkehrswegen immer und fast überall vorhanden. Auf eine Sättigung des Bedarfs hinzusteuern, kann also keine Lösung sein.
- Ein politischer Wille zur Begrenzung oder Verringerung der Landschaftszerschneidung wird von den Befragten zwar durchaus hin und wieder beobachtet, doch hatte er nach der Schilderung der Befragten kaum je eine größere Wirkung als eine reine Absichtserklärung. Ein solcher Wille zur Begrenzung oder Verringerung der Landschaftszerschneidung entspricht auch grundsätzlich nicht der Logik einer bedarfsorientierten Verkehrswegeplanung.
- Die heutige Situation scheint – den Interviewergebnissen nach – so zu sein, dass die UVS ganz überwiegend dazu dient, passende Ausgleichsmaßnahmen zu finden und zu begründen, nicht aber um wirklich über den Bau oder Nichtbau einer Straße

<i>Ergebnisse aus den Interviews</i>	<i>Bezug der Ergebnisse zur Fortsetzung der Landschaftszerschneidung:</i>	
	<i>trägt zu ihr bei?</i>	<i>wirkt ihr entgegen?</i>
• Mobilität wird als ein hoher gesellschaftlicher Wert angesehen	ja	nein
• Problem der Prognose und Bewertung potenzieller Folgen	ja	nein, aber teilweise verzögernd
• geschilderte Untersuchung und Darstellung ökologischer Folgen in der UVS	nein	teilweise
• räumliche Bindung des Ausgleichs an den Eingriff (bisher)	nein	ja
• Begründungspflichtigkeit von Ausgleichsmaßnahmen	ja	nein
• geschilderter Umgang mit Summenwirkungen	ja	nein
• erkennbare Begriffslücke (vgl. Abschnitt 10.4)	ja	nein
• Einstufung von Ungewissheiten als "Spekulationen" (vgl. Abschnitt 9.5 der Langfassung)	ja	nein
• geschilderter Umgang mit "Spekulationen" (vgl. Abschnitt 9.5 der Langfassung)	ja	nein
• geschilderter Umgang mit der Übernahme von Verantwortung (vgl. Abschnitt 9.4 der Langfassung)	ja	nein
• fehlende Nachbesserungsverpflichtungen	ja	nein
• mangelhafte Kontrolluntersuchungen	ja	nein

Tab. 11.1: Ergebnisse der Interviews und ihr Bezug zur Fortsetzung der Landschaftszerschneidung (d.h. beiträgend oder hemmend).

abzuwägen (sondern nur für die Variantenwahl). Die vorliegende Arbeit fragt aber vor allem nach diesem Punkt, weshalb immer wieder neue Straßen gebaut werden und wie in dieser Entscheidung abgewogen wird.

Weitere Zusammenhänge ließen sich anfügen. Tab. 11.1 fasst einige der wichtigsten Beobachtungen zusammen.

Die Ergebnisse aus den Interviews weisen auf viele Zusammenhänge hin, welche den Ablauf von Abb. 11.2 *unterstützen*, aber kaum auf solche, die ihn *bremsen*. Die derzeit stark diskutierte Aufhebung der Bindung⁶⁷ des Ausgleichs an den Eingriff wird einen der ganz wenigen bestehenden Haltepunkte beseitigen.

⁶⁷ Dies wird von einigen Befragten (aus allen drei Gruppen) angesprochen:

"Und auch mal eine Analyse, was für Maßnahmen können überhaupt effektiv sein unter den heutigen Rahmenbedingungen, was für Maßnahmen nicht. Und auch darin, unter Umständen von dem Konzept Ausgleich, auch so schwierig das jetzt ist, in bestimmten Fällen auch abzugehen und zu sagen,

Es ist naheliegend, zu versuchen, die Beobachtungen aus Tab. 11.1 in die Abb. 11.2 mit aufzunehmen.

11.1.2 ... führt auf die Komponenten und den Zusammenhang eines „Zerschneidungszirkels“

Der Aspekt von Ungewissheit wird durch mehrere Beobachtungen aus Tab. 11.1 bereits beleuchtet. Welche Rolle die Ungewissheit für das Voranschreiten der Landschaftszerschneidung spielt, ist nur ersichtlich aus der Betrachtung der Sicht der Beteiligten, d.h. der Akteure innerhalb dieses Schemas. Für die Frage, welche Aspekte der Landschaftszerschneidung wie stark in die Abwägung über einen geplanten Eingriff einfließen, steht daher die Darstellung der Sicht der Befragten im Vordergrund.⁶⁸ Eine ausführliche Zusammenstellung weiterer Beobachtungen aus dem Interviews führt auf folgende sieben wesentliche Komponenten des Umgangs mit unsicheren Folgen:

- (1) Die UVS bzw. UVP erfolgen mit gezielt eingegrenztem Untersuchungsaufwand bezüglich Raum, Zeitrahmen und Gegenstandsbereich (Scoping-Termin). Nachträgliche Erweiterungen gegenüber diesem Rahmen sind nur dann möglich, wenn sich nachweisen lässt, dass wesentliche Folgen außer acht gelassen wurden.
- (2) Es verbleiben Unsicherheiten über die (Neben-)Folgen, die Summenwirkungen und den Erfolg der Ausgleichsmaßnahmen.
- (3) Es gibt verschiedene Arten von Unsicherheiten. Eine große Zahl unsicherer potenzieller (Neben-)Folgen wird als "Spekulationen" angesehen.
- (4) Im Entscheidungsprozess zählen nur bestimmte Arten von Argumenten. "Spekulationen" gelten nicht als ernstzunehmende Argumente und haben keine Entscheidungsrelevanz.

es macht in einem bestimmten Raum keinen Sinn, hier eine Fläche zu kaufen, hier eine Fläche zu kaufen, hier eine Mahd zu machen, hier das zu machen, sondern dann gehe ich lieber mit meinen Mitteln wo ganz anders hin, wo ich viel bessere Möglichkeiten habe. Also wirklich eine Trennung, das ist zwar ... da gibt ein paar andere schwierige Aspekte dabei, aber da würde ich für ein paar Dinge eigentlich mehr Sinn drin sehen inzwischen." (Lpl.-43:19)

⁶⁸ Die Sicht der Befragten – d.h. im Modell von Neef (Abb. 11.1) die Sicht der beteiligten Akteure (Innensicht) – ist ausschlaggebend dafür, welche Entscheidungen gefällt und welche Weichen für die zukünftige Entwicklung gestellt werden. Wirksam in den Entscheidungen ist daher weniger die ökologische Situation, wie sie objektiv ist, sondern *wie sie wahrgenommen und bewertet wird*. Auch wenn das im Folgenden dargestellte Ergebnis von der *Theorie* des Entscheidungsverfahrens abweicht, so gründet es sich doch auf die Wahrnehmungen der befragten Akteure zu wesentlichen Schritten der Entscheidungsfindung.

- (5) Die Abwägung und die Entscheidung für den Neu- oder Ausbau erfolgen in der Regel ohne eine Erfolgskontrolle und ohne Nachbesserungsverpflichtungen hinsichtlich unsicherer Folgen und unsicherer Ausgleichsmaßnahmen.
- (6) Da eine Straße nachträglich nicht mehr verhindert werden kann, fehlt die politische Motivation für weitere Untersuchungen ihrer negativen Folgen.
- (7) Es fehlt an nachträglichen Untersuchungen der Folgen, v.a. Erfolgskontrollen für Ausgleichsmaßnahmen und Untersuchungen der Summenwirkungen, daher führt der bisherige Neu- und Ausbau nicht zu einem Erkenntniszuwachs hinsichtlich der unsicheren Folgen.

Diese Komponenten stehen zueinander im Verhältnis einer logischen (und teilweise auch zeitlichen) Abfolge. Mit dem 7. Schritt schließt sich der logische Kreis zu Schritt (2). Zusätzlich werden als wichtige begründende Faktoren von den Befragten die zwei folgenden Zusammenhänge angeführt:

- (8) "Spekulationen" gelten als "nicht vermittelbare Argumente" und als durch Untersuchungen nicht mit vertretbarem Aufwand zugänglich.
- (9) Es besteht ein Interesse daran, die Kosten des Planungsverfahrens zu begrenzen. Daher können nicht alle "Spekulationen" und „Restrisiken“ wissenschaftlich untersucht werden, und nachträgliche Kontrolluntersuchungen oder Nachbesserungsverpflichtungen werden nach Möglichkeit vermieden.

Die Verknüpfung dieser Beobachtungen mit der Ursachenkette von Abb. 11.2 führt auf das in Abb. 11.3 wiedergegebene Schema eines "Zerschneidungszirkels". Die Bezeichnung "Zirkel" deutet auf eine geschlossene Ursachenkette im Sinne einer Stabilisierung und "Immunisierung" durch die Argumentation gegen den stärkeren Einbezug der unsicheren potenziellen Folgen. Außer dem Satz "Was nicht entscheidungsrelevant ist, wird aus dem Entscheidungsprozess ausgegrenzt."⁶⁹ gilt also auch die Umkehrung: "Was aus dem Entscheidungsprozess ausgegrenzt wurde, wird bei der Entscheidung nicht berücksichtigt." Ausgegrenzt wird insbesondere all das, was – derzeit – "*nicht handhabbar*" scheint.

Diese Ausgrenzung erfolgt begründet. Als Gründe nennen die Befragten:

- Prinzip der Verhältnismäßigkeit (von Untersuchungsaufwand und den zu erwartenden Ergebnissen sowie von Aufwand für Planung, Bau und Ausgleichsmaßnahmen und der Größe und verkehrlichen Bedeutung eines Bauwerks),
- Anforderung der Handhabbarkeit an Argumente zu unsicheren potenziellen Folgen,
- möglichst einfache Nachvollziehbarkeit und Vermittelbarkeit von Argumenten im Entscheidungsprozess.

⁶⁹ vgl. Kapitel 2

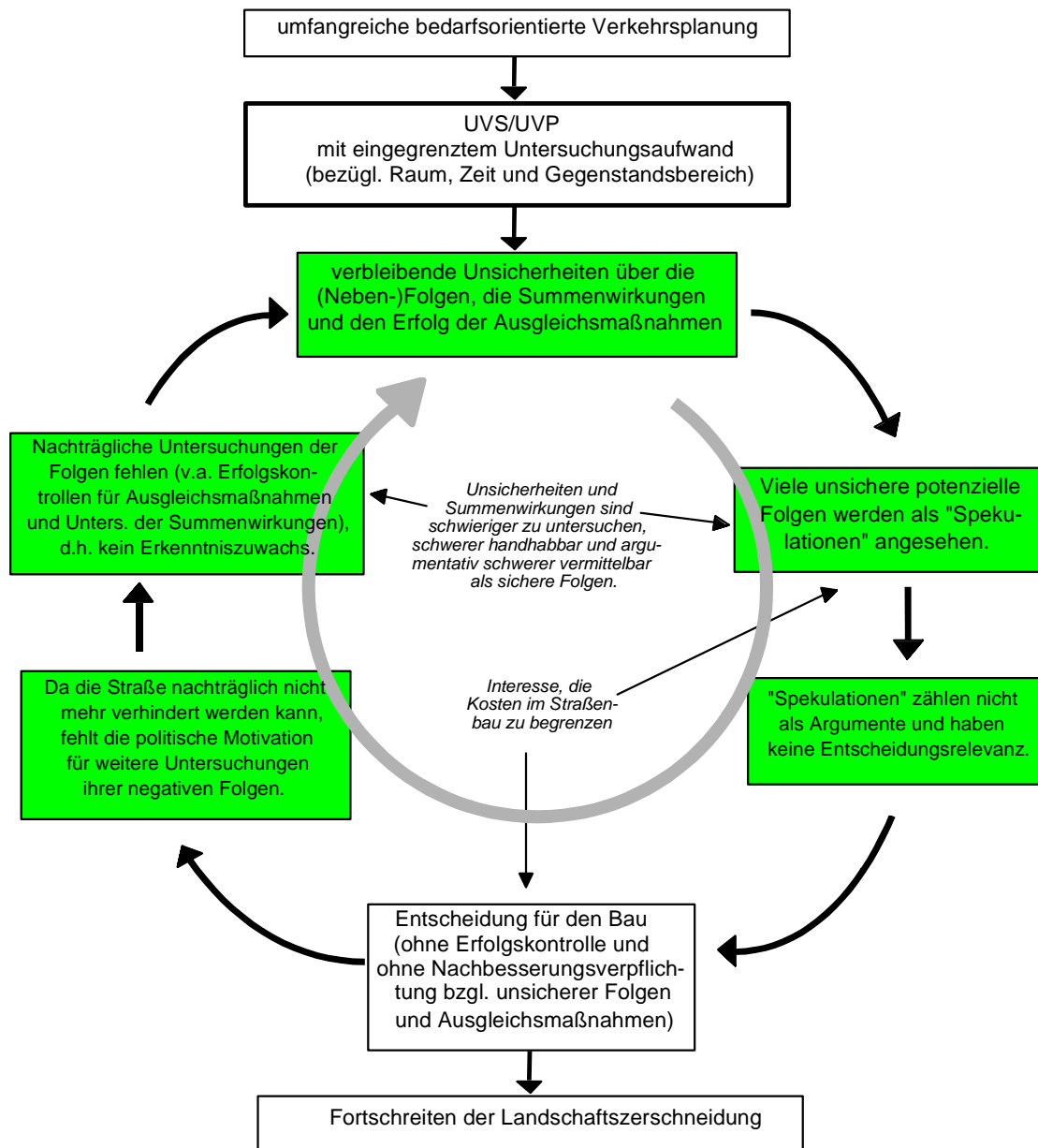


Abb. 11.3: Der "Zirkel der Landschaftszerschneidung": Die genauere Aufschlüsselung der Ursachenkette von Abb. 11.2 hinsichtlich der verbleibenden Unsicherheiten über die Folgen und Nebenfolgen von geplanten Eingriffen anhand der Ergebnisse aus den Teilen I–III führt auf die Struktur eines Zirkels. Dieser Zirkel stabilisiert und immunisiert sich selbst durch eine systematische Ausklammerung von "schwer handhabbaren" Aspekten aus der Entscheidungsfindung. Diese Ausgrenzung erfolgt nicht subjektiv-willkürlich, sondern mit guten Gründen, die von den Befragten aufgezählt werden – wesentlich *für das Fortschreiten* der Landschaftszerschneidung ist aber weniger, aus welchen Gründen die Ausgrenzung erfolgt, sondern *dass sie erfolgt*. Als "treibende Kräfte" wirken neben der Anforderung nach handhabbaren und möglichst leicht nachvollziehbaren Argumenten der angemeldete Bedarf nach mehr Verkehrsstrecken und das Interesse an einer Kostenbegrenzung. (Die gegenüber Abb. 11.2 aufgrund der Problemanalyse neu hinzugekommenen Schritte sind grau unterlegt.)

Eine Ausgrenzung von Argumenten aus dem Entscheidungsprozess bedeutet also nicht unbedingt, dass sie *inhaltlich* widerlegt worden wären. Die Kriterien der Ausgrenzung sind letztlich begründet durch die Anforderung der praktischen Funktionsfähigkeit und Durchführbarkeit von Planungsverfahren.

Die Ausgrenzung von "Spekulationen" (auf der rechten Seite des "Zerschneidungszirkels") verhindert, dass eine Integration aller unsicheren potenziellen Folgen *im Vorfeld* des Baus angestrebt würde;⁷⁰ und *nachträglich* erfolgt eine Integration ebenfalls nicht, da es an Kontrolluntersuchungen und Verantwortungsübernahme mangelt, z.B. für nicht zurechenbare Folgen (linke Seite des "Zerschneidungszirkels"). *Hinsichtlich der Unsicherheiten greifen somit derzeit weder das Vorsorge- noch das Verursacherprinzip*. Das heißt, dass die Landschaftszerschneidung aus strukturellen Gründen nicht gestoppt werden kann (solange überhaupt ein Bedarf nach neuen Verkehrswegen angemeldet wird) – und nicht nur wegen des mangelhaften politischen Willens.

Die Darstellung von Abb. 11.3 beansprucht nicht, die Ansichten *aller* Befragten wiederzugeben. Nach Position F (zum Umgang mit Unsicherheit; vgl. Abschnitt 10.4) beispielsweise spielten nicht Unsicherheiten die entscheidende Rolle, sondern es bestehe ein Vollzugsdefizit der Naturschutzgesetze: Ein wirklicher *Ausgleich* der Eingriffe im strengen Sinn des Wortes sei in der Regel nicht möglich, der angebotene Ersatz nicht gleichwertig. Die Hinweise auf die dadurch bewirkten Naturverluste würden jedoch als "lächerlich" aus der politischen Diskussion geschoben. Auch nach Position A sieht die Situation etwas anders aus: Unsicherheiten spielen hier ebenfalls keine Rolle. Relevant wäre hier allenfalls, dass Summeneffekte ausgeblendet werden *müssten* und nur der zivilisatorischen Entwicklung insgesamt zugerechnet werden könnten. Gebaut werde entsprechend der gesetzlichen Grundlage und gemäß den Wünschen der Gesellschaft.

Verknüpft mit der Frage nach den *treibenden Kräften der Landschaftszerschneidung* (und der Stärke der Gegenkräfte) ist die Frage nach dem gegenseitigen Einfluss des Siedlungswachstums und des Verkehrsnetzwachstums: Was zieht wen nach sich – der Verkehr die Siedlung oder die Siedlung den Verkehr? Eine Zusammenstellung der Argumente der Befragten hierzu liefert weitere Belege für den "Zerschneidungszirkel". (Dieser gegenseitige Einfluss ist in Abb. 11.3 nicht mit aufgenommen worden.)

Die Standpunkte der Befragten sind zu dieser Frage divergent, auch innerhalb der drei befragten Gruppen. Die Standpunkte lauten:

- a) Die Ausdehnung der Siedlungen – und insbesondere das überwiegend disperse Siedlungsflächenwachstum – macht die neuen Verkehrswege erforderlich.

⁷⁰ Dabei spielt eine Rolle, dass die verkehrstechnischen und verkehrsplanerischen Folgen im Durchschnitt sehr gut bekannt sind, während die Unsicherheiten vor allem die ökologischen Folgen betreffen.

- b) Neue und besser ausgebaute Verkehrswege ziehen neuen Verkehr ("induzierter Verkehr") und neue Siedlungen nach sich.
- c) Beide Entwicklungen bedingen und verstärken sich gegenseitig.

Beispiele für Standpunkt a) sind vor allem in der Gruppe „Verkehrsplanung“ zu finden:

"Denn wir wissen auch, dass die Verkehrswege nicht aus Jux und Dollerei gebaut werden, sondern dass sie eine Folge der zuvor beschriebenen Siedlungsentwicklung sind. (...) Es ist eine logische und nicht ... wohl nicht zu bremsende Folge eben unserer Siedlungsentwicklung." (Vpl.-11:1)

"F: Würden Sie sagen, die Straße folgt immer stets nur der Siedlung, oder würden Sie auch sagen, die Straße zieht Siedlung nach sich? -

A: (...) In den allerseltensten Fällen [zieht eine Straße Siedlung nach sich]. (...) [Bei] Perouse, (...) da war tatsächlich mal eine Römerstraße, (...) und da ist natürlich auf allen beiden Seiten eine Siedlung entstanden. Aber in unserer heutigen Zeit ist es umgekehrt, meines [Erachtens] ... eindeutig. (...) Was Sie natürlich erkennen können, (...) dass natürlich, wenn eine starke Achse gebaut wird wie die Autobahn hier, (...) dass dann diese Städte entlang dieser dann bestehenden Achse sich in aller Regel schneller, besser entwickeln als die fernab von den Achsen. Ist aber durchaus positiv im Sinne der Zerschneidung, weil (...) die größeren Freiflächen dazwischen auch frei bleiben." (Vpl.-14:2f)

"Es ist nur überhaupt nicht erkennbar, und ich würde das auch glatt negieren, dass ein Verkehrsweg an sich eine ... in der Summe gesehen eine Siedlung bewirkt, die vorher nicht getan würde, sondern da sind ganz andere Effekte maßgeblich. Zunächst einmal ist einfach eine Bevölkerung da, und warum die Bevölkerung nun nach Baden-Württemberg einwandert, hat mit den Verkehrswegen nun überhaupt nichts zu tun ... [sondern weil Sie] ja hier eine verstärkte Aufsiedlung haben." (Vpl.-25:13)

Diese hier zitierten Befragten aus der Verkehrsplanung sehen sich quasi als "Opfer" und definitiv nicht als Mitverantwortliche für die Siedlungsentwicklung. Dies ist ein Aspekt ihrer "Immunisierung" gegenüber Zusammenhängen, die über den Einzeleingriff hinausgehen.⁷¹ Beispielsweise wird von einer befragten Person aus der Landschaftsplanung zwar eine schnellere verkehrliche Erreichbarkeit des Bodenseeraumes und ein erhöhter Ferienwohnungsdruck am Bodensee gesehen, aber *nicht als Folge* der Ausweitung des Verkehrsnetzes betrachtet:

⁷¹ Die Befragten aus dem Naturschutz hingegen sehen einen gegenseitigen Zusammenhang der Verkehrs- und der Siedlungsentwicklung – wie es sich auch in ihrem *Zerschneidungsbegriff* wieder spiegelt, der bei ihnen eine Trennwirkung von Lebensräumen durch Siedlungsflächen mit einschließt (vgl. Abschnitt 9.1.3 der Langfassung).

"Der Druck entlang der Straße, was sicherlich nicht das Ferienhaus [betrifft] (...), sondern das sind Industrieflächen, die an ... Dieser Druck, der ja auch ... der ist auf den ganzen Bodenseeraum, der ist an den Ufern, den können Sie nicht an der Straße feststellen. (...) Das ist ein ganz anderes Phänomen, das eher mit der Siedlungsentwicklung an sich zu tun hat." (Lpl.-25:13)

Eine befragte Person aus der Verkehrsplanung hingegen weist auf eine Verstärkung von Gewerbeansiedlungen als Folge neuer Autobahnen hin:

"Wenn ich Besiedlung habe, brauche ich auch Straßen, und wenn ich Straßen habe, kriege ich eine Besiedlung. (...) [Ich] kann Ihnen also wirklich bestätigen, wenn ich baue, dann brauche ich auch Verkehr (...) und wenn ich Verkehrsstraßen mache, dann kriege ich auch wieder Siedlungen dorthin. Beziehungsweise ich brauche für das Erreichen der Siedlungen Straßen. (...) Also für die Autobahn, für eine Bebauung, also Nichtwohnbebauung, das geht also auf Gewerbe. Für Wohnbebauung würde ich also das verneinen. (...) Denn keiner geht da ... es gibt immer wieder Leute, die freiwillig an die Autobahn bauen und nachher Riesengeschrei machen, wenn's laut ist. (...) Ein Normaldenkender wird also schauen, dass er weit weg von der Autobahn bauen kann. Aber das Gewerbe, das zieht's natürlich an. (...) Und zwar in den Bereichen der Auto...anschlussstellen natürlich, überwiegend Speditionen, habe ich ja vorhin schon mal gesagt, aber auch verarbeitendes Gewerbe, weil die natürlich das just-in-time da (...) Also darum würde ich sagen, das ist schon gravierend, dass man natürlich ... dass da einiges für Gewerbe nachzieht." (Vpl.-16:0 u. 23:7ff)

Von J. Tesdorpf (1984) und Myrdal (1957) wurden für die Zunahme des Landschaftsverbrauchs bzw. für das Wachstum einer Gemeinde bereits Modelle für die Wirkungszusammenhänge zwischen wesentlichen beitragenden Kräften entwickelt. Die beiden Darstellungen sind von ihren Autoren mit sehr unterschiedlichen Zielen entwickelt worden. Die interessante Gemeinsamkeit dieser Darstellungen mit dem "Zerschneidungszirkel" von Abb. 11.3 liegt darin, dass eine *Stabilisierung* durch eine Rückkopplung auftritt, die für den Charakter des ablaufenden Prozesses kennzeichnend ist. Myrdal diskutiert diesen Stabilisierungseffekt unter der Bezeichnung "*cumulative causation*". Beide Darstellungen weisen auf den *Zusammenhang* der Landschaftszerschneidung mit der Siedlungsentwicklung hin. Einen solchen Zusammenhang betont auch eine befragte Person aus der Verkehrsplanung:

"Also was mir natürlich fehlt, weil es eigentlich seit vielen, vielen Jahren ein Hauptanliegen ist, (...) ist die Abhängigkeit (...) von Siedlung und daraus resultierender Verkehrsnachfrage, dass man das vielleicht ein bisschen stärker (...) herausstellt. (...) Möchte ich als Stadt, egal als welche, unbedingt eine Gewerbeansiedlung haben? Wegen der Gewerbesteuer. Obwohl mir bewusst ist, dass ich dafür für meine Gemeinde durch die dafür erforderliche Verkehrserschließung, und das

heißt im Normalfall Straße, insgesamt soviel Nachteile einhandle, Umweltbelastung und und und ... Flächenverbrauch, was ist da jetzt unter'm Strich für mich als Gemeinde oder als Bürgermeister günstiger? Ja? Also dass man das, dieses Abwägen vielleicht herein ... stärker hereinbringt. Weil, das ist eigentlich ... das ist die eigentliche Ursache ja, da kämpfen wir eigentlich auf allen möglichen Gebieten schon lange, um diese Wechselwirkung stärker herauszustellen, (...) dass dem Argument ein stärkeres Gewicht zukommt. Leider, muss man sagen, von marginalen Dingen abgesehen, ohne Erfolg. Marginal sind dann immerhin gewisse Erfolge, dass man gewisse Gewerbegebiete, die in früheren Jahren sehr großzügig ausgelegt waren, hinsichtlich Flächenausweisung, dass man die heruntergefahren hat. Wobei da natürlich auch die konjunkturelle Lage jeweils mit hereinspielt, also nicht nur, dass (...) die Vernunft der Planung oder die Planerargumente gesiegt hätten, sondern man ist oft, wenn man da hinterguckt, ist einfach die Einsicht von den Investoren, dass es einfach sich nicht rechnet." (Vpl.-71:51f)

11.2 (Über-)Komplexität, Handhabbarkeit und Immunisierung

Die Unsicherheit von unsicheren potenziellen Folgen wie Summenwirkungen, innerartliche genetische Verarmung, Veränderungen in den Nahrungsnetzen oder Wirkungen auf die Metapopulationsdynamik hat für den Prozess der fortschreitenden Landschaftszerschneidung in aller Regel *keinen verlangsamenden oder bremsenden Effekt*. Dies wird von einzelnen Befragten beklagt, zugleich geben allerdings nahezu alle Befragten Argumente dafür an, die sachlich durch die praktische Funktionsfähigkeit des Verfahrens begründet sind. Das entscheidende Argument ist die *Handhabbarkeit* der Hypothesen über potenzielle Folgen im Entscheidungsprozess. Hypothesen, die nicht handhabbar sind (oder gemacht werden können), müssen letztlich aus dem Verfahren ausgeschlossen werden, wenn das Verfahren nicht zum Stillstand kommen soll. Für das Beispiel der Summenwirkungen schildern die Befragten dies in der folgenden Weise:

"Und die Verbände (...) nehmen Stellung, nur (...) haben die eigentlich nie oder selten richtig zum konkreten Ausbauvorhaben Stellung genommen, sie nehmen weltanschaulich Stellung und sagen, man müsste den Güterverkehr auf die Bahn verlagern, man müsste Geschwindigkeitsbegrenzungen anbringen, man müsste eine Gesamtumweltverträglichkeitsprüfung für den gesamten Verkehr oder wenigstens für diese gesamte A6 machen, also Dinge, die vom Gesetz nicht abgedeckt sind. (...) Dann muss die Verwaltung sagen, das steht nicht im Gesetz; im Gesetz steht drin, (...) diese Einzelabschnitte sind rechtlich einzeln zu betrachten,

und da kann die Verwaltung nicht sagen, ja, machen wir mal für 800 000 Mark noch eine Zusatzstudie." (Lpl.-17:11f)

"Und es bleibt dann immer noch (...), dass Sie eine Wechselwirkung von vielen Einflussfaktoren haben, die letztendlich dann im großen Maßstab zu Veränderungen führen, und das darf man jetzt halt auch nicht vergessen. (...) Gut, ich kann versuchen, über einen Verkehrswegebau einerseits beim Verkehrsweg, nicht wahr, 'den Eingriff zu minimieren', um jetzt die (*lacht etwas*) Legaldefinition da zu bringen, das ist die eine Sache, aber die andere Sache, um jetzt generell etwa einen [Rückgang] aufzuhalten, etwa einen (...) [Rückgang der] Artenvielfalt oder so etwas, das geht weit über die Aufgabe des Ausgleiches an Verkehrswegen hinaus, und dann haben Sie grundsätzlich die Frage der menschlichen Aktivitäten und überhaupt der menschlichen Bevölkerung an sich gegen die Natur zu stellen." (Vpl.-46:34f)

Auch viele unsichere Folgen gelten als "nicht handhabbar", z.B. da der Aufwand viel zu groß sei, um eine Untersuchung innerhalb des Verfahrens zu leisten, oder weil der Erfolg der Abklärungen nicht abgeschätzt werden könne:

"Es ist eben auch nicht möglich jetzt im Einzelverfahren, allgemeine Erkenntnisdefizite zu kompensieren dadurch, dass man erstmal im einzelnen Genehmigungsverfahren irgendwelche Forschungsdefizite aufarbeitet. (...) Aber das kann dann nicht dazu führen, dass irgendwo dem Vorhabensträger die Ungewissheit überbürdet wird." (Nsch.-17:3)

"Für etwas, worüber Sie nicht Bescheid wissen, können Sie auch keine Sicherheit gegen das Eintreten machen. (...) In dem Fall eine zweite Grünbrücke, weil Sie nicht wissen, ob (...) die Beziehung da ist? (...) Da scheitern Sie völlig. (...) Denn Sie wissen ja nicht, ob das jetzt tatsächlich das Problem löst, von dem Sie nicht wissen, ob es existiert. Also, das ist einfach ... ja? (...) Ob sie Ihr Nichtwissen damit kompensiert hat, nein, natürlich nicht." (Vpl.-45:33f)

Diese Selektion, *welche Hypothesen* ausgegrenzt werden, lässt sich als "*Immunisierung*" kennzeichnen, d.h. dass dieser Vorgang der *Stabilisierung* der einzelnen Planungsverfahren, der *Stabilisierung* des "Zerschneidungszirkels" und der *Stabilisierung* des Fortschreitens der Landschaftszerschneidung dient, indem bestimmte Ansprüche, die von außen herangetragen werden und eine Gefahr für den Ablauf des Verfahrens darstellen könnten, systematisch *ausgeklammert* werden.⁷²

⁷² In der Soziologie ist "*Immunisierung*" eine wiss.theoret. Bezeichnung für die Anlage u. Formulierung einer Theorie, die eine empir. Überprüfung der in ihr enthaltenen Aussagen über bestimmte Kausalbeziehungen nicht mehr möglich macht." (Hillmann 1994: 356) Ein Beispiel ist die Absicherung eines Aussagensystems gegenüber den Tatsachen durch eine *ceteris-paribus*-Formel, "wenn die als konstant bleibend betrachteten Faktoren unbestimmt bleiben", d.h. die Verhältnisse "in der vom Aus-

Eine befragte Person schildert, welchen Weg eine Hypothese über ökologische Wirkungszusammenhänge zunächst beschreiten muss, bevor sie Aufnahme im Planungsverfahren finden kann, d.h. um die "Immunisierungsgrenze" zu durchdringen:

"Solange das aber nicht handhabbar ist, kann es eigentlich nur über den Weg Forschung gelöst werden. Forschung gleich Erkenntnisgewinn. (...) Wir dürfen nur Geld ausgeben, wenn irgendeine Erkenntnis so verfestigt ist, dass sie so wahrscheinlich (...), häufig haben wir Wahrscheinlichkeiten letztendlich. (...) [Der] Erkenntnisgewinn, führt (...) zu einer Regel, wie man das handhabt. (...) Und dann muss der Erkenntnisgewinn so groß sein, dass es allgemein akzeptiert ist, oder irgendwo in einer Regel drin ist. (...) Aber das muss akzeptiert werden. Ich bin in einigen Arbeitskreisen, die Regelwerke erarbeitet. Ich kenne den Dornenweg, wenn man dann meint, jetzt hat man irgendwas Gutes, dann kommt irgendeiner, und der sagt, das geht uns zu weit." (Lpl.-37:31)

Die "Immunisierung" des Zerschneidungszirkels ist eine Folge der Komplexitätsreduktion, welche die einzelnen Planungsverfahren vornehmen, um ihre Aufgabenstellung umsetzen zu können bzw. handhabbar zu machen. Die Verfahren können zwar immer aufwendiger gestaltet werden, um möglichst viele Aspekte einzubeziehen, die Aussage der *Überkomplexität* von Ökosystemen wie Landschaften (Kapitel 2) beinhaltet allerdings, dass die Vielfalt der Wechselbeziehungen durch einen endlichen Variablensatz grundsätzlich nicht vollständig abgebildet werden kann. Ein Planungsanspruch, der sich nicht ab einem gewissen Punkt gegenüber der Vielzahl potenzieller weiterer Folgen "immunisiert", gerät in eine Auseinandersetzung mit der *Überkomplexität* und den übrigen "Tantalusproblemen" (Kapitel 2, Tab. 2.1).⁷³

Eine Alternative zur "Immunisierung" gegenüber unsicheren potentiellen Folgen besteht darin, die Unsicherheiten im Sinne des Konzepts der Umweltgefährdung handhabbar zu machen. Dies muss wegen der Tantalusprobleme allerdings auf einem anderen Weg erfolgen als der Wirkungsanalyse. Eine Komplexitätsreduktion ist unumgänglich, wenn man bei Vorhaben, die einen Eingriff in den Naturhaushalt darstellen, nicht auf jegliche Planung verzichten will. Eine Komplexitätsreduktion stellt Zusammenhänge einfacher dar, als sie wirklich sind, und bedeutet daher immer auch eine Art von Abgrenzung gegenüber einer "Residualkomplexität". *Wirkungsanalytische* Konzepte "immunisieren" sich gegenüber den ungewissen, bisher nicht analysierten oder nicht analysierbaren Wirkungen; das Konzept der *Umweltgefährdung* hingegen immunisiert sich gegenüber un-

sagensystem nicht erfassten »Residualwirklichkeit«." (Hillmann 1994: 123). Diese Bezeichnung der "Residualwirklichkeit" stellt den Bezug zum Problem der *Überkomplexität* bei Umweltproblemen her: Im Fall von *Überkomplexität* ist die "Residualwirklichkeit" stets sehr groß und potenziell relevant für das Verhalten der untersuchten Ökosysteme (vgl. Kapitel 2).

⁷³ Dass diese Probleme "nicht handhabbar" sind, darauf deutet der Bezug auf Tantalus, der das, wonach er verlangt, nicht ergreifen kann (vgl. Kapitel 2).

geplanten potenziellen positiv zu bewertenden Folgen von anthropogenen Umweltveränderungen. Beide Ansätze grenzen sich durch ihre "Immunisierung" voneinander ab. Es scheint, dass die Annäherung an die Komplexität des Gesamtgeschehens somit *nur durch eine parallele Anwendung verschiedener komplementärer Konzepte* möglich ist. Zwischen den Ergebnissen der komplementären Ansätze ist dann eine Abwägung zu treffen (vgl. Abschnitt 11.8).

11.3 Verständnis des Begriffes der „Landschaftszerschneidung“ (Leitfrage 1)

Aufgabe der Abschnitte 11.3 bis 11.7 ist es, die erarbeiteten Resultate zu den eingangs gestellten Fragen zusammenzustellen und Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Arbeit setzt sich mit der allgemeinen Bewertungsaufgabe

"Wie lassen sich strukturelle Landschaftsveränderungen auf ihre Verträglichkeit mit ethischen Prinzipien und mit den Ziel- und Wertvorstellungen der von den Folgen betroffenen Menschen hin bewerten? Wann lassen sie sich verantworten?"

am Beispiel der Landschaftszerschneidung auseinander. Die Leitfragen aus Kapitel 1.4 gliedern und führen die Integration (Schritt 4 des transdisziplinären Bearbeitungsprozesses, vgl. Abb. 4.2 in der Langfassung). Die zur Leitfrage (1) am Beginn der Arbeit formulierte *Hypothese* lautet:

(H1) *Die Übereinstimmung zwischen den Befragten ist groß genug, um mit einem einzigen Maß die wesentlichen Begriffsinhalte ausdrücken zu können. (Oder aber: Die Differenzen zwischen den Befragten sind so gravierend, dass die unterschiedlichen Begriffsinterpretationen nur durch unterschiedliche Maße wiedergegeben werden können).*

Die Teilbereiche I–III der Arbeit betreffen zur Leitfrage (1) vor allem die Themen (vgl. Tab. 1.1):

- I: Stand der Forschung hinsichtlich der Begriffsdefinition
- II: geometrisch-formale Definitionsansätze, Quantifizierung durch Indizes
- III: Frage nach den relevanten Aspekten von "Landschaftszerschneidung", Diskussion von Beispielkonfigurationen

Die Ergebnisse führen zu folgenden Antworten auf die einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. Tab. 4.1):

a) Zur Hypothese "Grundsätzlich große Übereinstimmung zwischen Verkehrsplanung, Landschaftsplanung und Naturschutz, aber unterschiedliche Gewichtung verschiedener Kriterien"

Bei den intensionalen Definitionsansätzen für "Landschaftszerschneidung" lassen sich keine größeren Unterschiede zwischen den drei Gruppen erkennen. Starke Zustimmung erhalten beispielsweise die Definitionsvorschläge "Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen" und "Unterbrechung von funktionalen Bezügen zwischen räumlich getrennten Bereichen der Landschaft (z.B. eines Biotopverbundes oder eines Amphibienwanderweges)".

Bei der extensionalen Begriffsbestimmung anhand von geometrisch-strukturellen Skizzen bestehen hingegen deutliche Differenzen zwischen den drei Gruppen: Die Befragten aus der Verkehrsplanung grenzen den Begriff relativ eng auf die "Durchschneidung" ein, während alle Befragten aus dem Naturschutz den Begriff aufgrund von funktional orientierten Argumenten (entsprechend den beiden obigen intensionalen Definitionsvorschlägen) sehr viel weiter fassen und zum Teil auch auf die "Perforation" und die "Auslöschung von Grünflächen" beziehen. Das Begriffsverständnis der Befragten aus der Landschaftsplanung ist stärker gestreut, zum Teil eng, zum Teil weit gefasst.

Sämtliche vorgelegten Kriterienvorschläge für den Grad der Landschaftszerschneidung erhalten von den Befragten starke Zustimmung – außer einem ("längliche Form der verbleibenden Flächen"). Sowohl die eher funktionalen als auch die eher geometrisch-strukturellen Kriterien werden in allen drei Befragtengruppen unterstützt. Allerdings besteht in der Gruppe "Naturschutz" eine Tendenz, die funktionalen Kriterien für wichtiger einzustufen, während die Befragten aus der Verkehrsplanung beide Kriteriengruppen ähnlich stark befürworten (Gruppe "Landschaftsplanung u.a." liegt dazwischen).

In der Anwendung der Kriterien treffen die Befragten allerdings zum Teil sehr unterschiedliche Gewichtungen. Dies zeigt sich an gruppenspezifischen Differenzen bei der Beurteilung der Bündelung von Verkehrslinien und beim Vergleich einer geradlinigen Durchschneidung mit einer extrem kurvigen – der Landschaft möglicherweise besser angepassten – Durchschneidung. Diese Differenzen im Begriffsverständnis lassen Verständigungsprobleme zwischen den beiden Gruppen "Verkehrsplanung" und "Naturschutz" erwarten.

b) Zur Hypothese "Kriterien sind außer der Größe unzerschnittener Flächen auch die Vernetzung, Anordnung, Breite der Trennlinien etc."

Die Kriterien für den Grad der Zerschneidung umfassen fünf Bereiche: *Erhaltung von unzerschnittenen Flächen, Länge zerschneidender Strecken und Reichweite der von ihnen ausgehenden Störungen, Barrierestärke und Veränderung der Nachbarschafts-*

verhältnisse, Erreichbarkeit von (Teil-)Lebensräumen und Einpassung in die Landschaft. Zwar werden fast alle einzelnen abgefragten Kriterien stark befürwortet, aber mehrere von ihnen stehen in einem Konkurrenzverhältnis zueinander, sowohl *zwischen* den fünf Bereichen als auch *innerhalb* der Bereiche. Das bedeutet, dass sie für ihre Anwendung gewichtet werden müssen.

c) Zur Hypothese "Die neuen Maße D , S , und m_{eff} (von Kapitel 6) stellen eine Verbesserung gegenüber den bisherigen dar."

Eine Quantifizierung von Landschaftszerschneidung erscheint sowohl mit eher funktionalen als auch mit eher geometrisch-strukturellen Maßen sinnvoll – und prinzipiell konsensfähig – möglich. Allerdings besteht eine Schwierigkeit darin, dass die Befragten aus der Verkehrsplanung den Zerschneidungsbegriff auf die Phase der "Durchschneidung" (und z.T. "Inzision") eingrenzen, dass aber Maße für den Vergleich realer Landschaften unausweichlich eine Aussage dazu treffen müssen, ob und wie stark Siedlungswachstum zur Landschaftszerschneidung beiträgt. Außerdem stellen Zerschneidungsmaße konkrete Gewichtungen der Zerschneidungskriterien dar, welche jedoch von den Befragten unterschiedlich gewichtet werden. Daher erscheint es sinnvoll, mehrere verschiedene Maße zu erarbeiten, die bestimmten Kriterienkombinationen entsprechen und nebeneinander eingesetzt und verglichen werden sollten. Es bestehen somit keine grundsätzlichen Hindernisse für die Entwicklung quantitativer Maße, sofern ihre Gültigkeitsbereiche durch die Angabe der ihnen zugrundegelegten Kriterien und Gewichtungsprämissen klar deklariert werden (d.h. sofern eine ausreichend detaillierte Fallunterscheidung durchgeführt wird).

Für die in Teil II neu entwickelten Maße D , S und m_{eff} ist die starke Zustimmung der Befragten zu den Kriterien j) "*Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich zwei in einem Gebiet (an verschiedenen Orten) ausgesetzte Tiere begegnen können*", g) "*Verlängerung von Wegen für Tiere zu allen anderen Flächen aufgrund einer eingefügten 'Barriere'*" und i) "*räumliche Reichweite der Strukturveränderung aufgrund einer 'Barriere' auf die Erreichbarkeit von einer Fläche zur anderen (für Tiere)*" von Bedeutung, denn sie zeigt, dass die neuen Maße (und entsprechende Weiterentwicklungen) im Grundsatz den begrifflichen Vorstellungen der Befragten sehr entgegenkommen. Eine Verbesserung gegenüber den bisherigen Maßen stellen die neuen Maße hinsichtlich der Eignungskriterien aus Kapitel 5 sowie hinsichtlich einer klaren Unterscheidung der Begriffe "Zerschneidung" und "Heterogenität" dar. Insbesondere ist bei ihnen die Vergleichbarkeit von Gebieten mit unterschiedlichen Anteilen an Siedlungsflächen sowie die Vergleichbarkeit von Gebieten unterschiedlicher Größe gegeben (entsprechend den mathematischen Eigenschaften Homogenität bzw. Additivität sowie der zuverlässigen Reaktion auf die sechs verschiedenen Fragmentierungsphasen).

Außerdem sind die Teilfragen zu Leitfrage (1) zu beantworten (vgl. Abschnitt 1.4):

d) "In welchem Verhältnis stehen "Landschaftszerschneidung" und flächenhafte Flächeninanspruchnahme zueinander?"

Je nach Standpunkt der Befragten werden bestimmte Formen flächenhafter Flächeninanspruchnahme mit als Beitrag zur Landschaftszerschneidung gezählt oder nicht: Funktional orientierte Definitionen von Landschaftszerschneidung umfassen auch einen Beitrag durch flächenhafte Flächeninanspruchnahmen; die Befragten aus der Verkehrsplanung hingegen grenzen den Zerschneidungsbegriff geometrisch-strukturell auf "Durchschneidung" ein.

In den neuen Maßen D , S und m_{eff} wird flächenhafte Flächeninanspruchnahme mit als ein Beitrag zur Landschaftszerschneidung berücksichtigt, aber eher gering gewichtet. Damit erscheinen die neuen Maße als ein Vorschlag, der auch für diejenigen nachvollziehbar und akzeptabel sein dürfte, die an sich eine geometrisch-strukturelle Eingrenzung auf "Durchschneidung" befürworten, da mit Maßen *ohne* eine geeignete Berücksichtigung von Siedlungsflächen Gebiete mit unterschiedlichem Siedlungsflächenanteil nicht vergleichbar sind bzw. da solche Maße kontraintuitive Ergebnisse liefern (z.B. zu einer scheinbaren Verringerung der Landschaftszerschneidung durch Wachstum der Siedlungsflächen führen wie beispielsweise beim Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden; vgl. Abschnitt 5.3.8 in der Langfassung).

e) "Formulierung von generellen Anforderungen an Zerschneidungsmaße"

Weitere neue Zerschneidungsmaße sollten möglichst viele der Zerschneidungsgradkriterien aus Abschnitt 9.2 in der Langfassung bzw. 10.1 zum Ausdruck bringen und den Eignungskriterien aus Kapitel 5 genügen. Da die Maße nicht allen Zerschneidungsgradkriterien zugleich gerecht werden können, sollte deutlich deklariert werden, welchen dieser Kriterien sie entsprechen und welchen nicht, denn Klarheit über die Voraussetzungen ihrer Gültigkeit ist unabdingbar für eine valide Interpretation ihrer quantitativen Werte.

11.4 Erheblichkeitskriterien (Leitfrage 2)

Die zur Leitfrage (2) am Beginn der Arbeit formulierte *Hypothese* lautet (vgl. Abschnitt 4.3):

(H2) *Als Erheblichkeitskriterien eignen sich außer an den Auswirkungen orientierte Merkmale auch einwirkungsorientierte Eigenschaften, unter denen die "Erhöhung des Zerschneidungsgrades" eine zentrale Stellung einnimmt.*

Die Teilbereiche I–III der Arbeit betreffen zur Leitfrage (2) vor allem die Themen (vgl. Tab. 1.1):

- I: Grundlage zur Begründung der normativen Relevanz von Indikatoren
- II: Quantifizierung normativ relevanter Merkmale landschaftszerschneidender Eingriffe
- III: Frage nach Kriterien, Einstufung von Beispielkonfigurationen, normativer Stellenwert des Zerschneidungsgrades

Die Ergebnisse führen zu folgenden Antworten auf die einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. Tab. 4.2):

a) *Zur Hypothese "Erheblichkeit wird heute überwiegend wirkungsorientiert beurteilt."*

Den Interviewergebnissen nach wird die Erheblichkeit heute nahezu ausschließlich auswirkungsorientiert beurteilt, d.h. dass die Bewertung die Kenntnis der möglichen Auswirkungen des Eingriffs voraussetzt. Dieser wirkungsorientierte Ansatz führt offensichtlich dazu, dass die Erheblichkeit von Eingriffen, deren Auswirkungen nur teilweise bekannt sind, systematisch unterschätzt wird und dass Ausgleichsmaßnahmen in geringerem Umfang festgesetzt werden, da es an Begründungen für die Kosten und die gegebenenfalls notwendigen Enteignungen sowie für die am besten geeignete Art des Ausgleichs mangelt.

b) *Zur Hypothese "Bei vielen Folgen der Landschaftszerschneidung handelt es sich eher um 'Gefährdungen' als um 'Risiken'."*

Die Folgen landschaftszerschneidender Eingriffe können in einigen Bereichen sehr gut (v.a. im technischen Bereich), in manchen Bereichen bis zu einem gewissen Grad (z.B. im Bereich Landschaftsbild) und in anderen Bereichen nur sehr schlecht abgeschätzt werden. Zu den bisher kaum prognostizierbaren Bereichen zählen Biodiversität, Veränderungen in den Nahrungsnetzen und die Summenwirkungen. Manche Folgebereiche lassen sich daher als "Risiken", andere jedoch treffender als "Umweltgefährdungen" ansprechen.

Im Vergleich verschiedener Landschaftseingriffe durch die Befragten liegt die Zerschneidung im Durchschnitt stärker im Bereich von Gefährdung als die Themen "Überschwemmungen", "Beseitigung von Hecken", und "Anlage von Deponien" – etwa vergleichbar mit dem Thema "intensive Landwirtschaft" (siehe Abschnitt 9.1.2 in der Langfassung). Dies zeigt, dass "Landschaftszerschneidung" von den Befragten eher als "Gefährdung" und andere Themen eher als "Risiken" angesehen werden. Bei den einzelnen konkreten landschaftszerschneidenden Eingriffen bestehen allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Befragten aus dem Naturschutz und der Verkehrsplanung: Für die Gruppe "Naturschutz" liegen die landschaftszerschneidenden Eingriffe ganz überwiegend in der Gefährdungskategorie, während sie in der Gruppe

"Verkehrsplanung" überwiegend der Kategorie "Risiko" zugeordnet werden. Die unterschiedliche Einstufung des *Themas* "Landschaftszerschneidung" gegenüber *einzelnen* landschaftszerschneidenden Eingriffen in der Gruppe Verkehrsplanung lässt sich dadurch erklären, dass die Befragten aus der Verkehrsplanung stark dazu neigen, Summenwirkungen aus der Betrachtung abzukoppeln, während die Befragten aus dem Naturschutz das Auftreten von Summenwirkungen auch dem Einzeleingriff anlasten.

Außerdem sind die Teilfragen zu Leitfrage (2) zu beantworten (vgl. Abschnitt 1.4):

c) "Wie können verschiedene Zerschneidungsmuster gemäß ihrer Erheblichkeit in eine Rangfolge gebracht werden?"

Von den auf die Art und das Ausmaß der Einwirkungen bezogenen Kriterienvorschlägen zur Bewertung der Erheblichkeit werden von den Befragten vor allem der "Zerschneidungsgrad", die "Habitatqualität", das "Unterschreiten von Minimalarealen", die "Veränderung von Lageverhältnissen und Nachbarschaftsbeziehungen", die "Veränderung der Struktur der Landschaft" und der "Irreversibilitätsgrad der Einwirkungen" stark unterstützt. Dabei steht der Zerschneidungsgrad an erster Stelle. Somit sind die Zerschneidungsgradkriterien indirekt auch als Kriterien für die Erheblichkeit relevant. Auch die *technische Durchdringung der Landschaft* sowie die *Reichweite der Wirkung auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten* erhalten von den Befragten aus der Verkehrsplanung und aus dem Naturschutz deutliche Zustimmung als Erheblichkeitskriterien. Diese Kriterien sind bisher erst teilweise operationalisiert worden; hier sind weitere Fortschritte denkbar und wünschenswert.

Im Prinzip können Zerschneidungsmuster mit jedem dieser Kriterien in eine Rangfolge gebracht werden, sofern die Kriterien ausreichend operationalisiert sind, um anwendbar zu sein. Dabei können sich unterschiedliche Rangfolgen ergeben, die daraus resultieren, dass die Kriterien unterschiedliche Dimensionen der Erheblichkeit von Eingriffsvorhaben bezeichnen. Die Unterscheidung von "Kriterien" und "Indikatoren" ist fließend. Beispielsweise lassen sich der "Zerschneidungsgrad" und die "Reichweite der Wirkung auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten" als Indikatoren dem Kriterium "technische Durchdringung der Landschaft" unterordnen. Als Maß für den Erheblichkeitsindikator "Zerschneidungsgrad" ist die effektive Maschenweite m_{eff} aus Kapitel 6 geeignet. Dadurch lassen sich verschiedene Zerschneidungsmuster hinsichtlich ihrer Erheblichkeit nach der Dimension "Zerschneidungsgrad" in eine Rangfolge bringen. Für den zweiten Indikator "Reichweite der Wirkung auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten" steht die Entwicklung eines quantitativen Maßes noch aus.

Zwischen den verschiedenen Kriterien muss in der Entscheidungsfindung abgewogen werden. Die Gewichtung wird davon abhängen, wie groß die verbleibenden Unsicherheiten über die Eingriffsfolgen sind. Das Ausmaß der verbleibenden Ungewissheit eignet sich gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung im Prinzip selbst als ein Er-

heblichkeitskriterium. Der Kriterienvorschlag "*Kluft zwischen der Reichweite der Wirkungen und der Reichweite des Folgenwissens*" wird von mehr als der Hälfte der Befragten befürwortet. Da er sich jedoch kaum direkt operationalisieren lässt, gelangt man – als Indikatoren für dieses Kriterium – wiederum zu Größen, welche die Stärke und Weiträumigkeit der Einwirkungen durch den Eingriff charakterisieren.

d) "Wie kann eine Bilanzierung von Eingriffen und Ausgleichsmaßnahmen bezüglich ihrer Zerschneidungswirkung vorgenommen werden?"

Das Ziel einer Beschränkung der Umweltgefährdung durch Landschaftszerschneidung macht eine Bilanzierung von Eingriffen und Ausgleichsmaßnahmen hinsichtlich des Zerschneidungsgrades erforderlich, d.h. die Forderung, dass Neuzerschneidungen durch eine angemessene Aufhebung von bestehenden Zerschneidungen ausgeglichen werden. Dies ist gemäß dem Gefährdungskonzept notwendig, solange keine ausreichenden Beweise dafür vorliegen, ob die Zerschneidungsfolgen durch Biotopverbundmaßnahmen vollumfänglich ausgeglichen werden können.

Als Größen für die Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Rückbaumaßnahmen eignen sich die neuen Zerschneidungsmaße aus Kapitel 6 – je nach Planungsebene in Kombination mit anderen Maßen (z.B. sind auch Einstufungen von UVR als Schutzgüter empfehlenswert) und auf unterschiedlichen Zerschneidungsebenen. Die Verkehrsnetzichte, die derzeit oft zur groben Abschätzung der Landschaftszerschneidung angegeben wird, eignet sich allerdings nicht für die Bilanzierung, da sie z.B. zu einer gleichmäßig flächendeckenden Zerschneidung der Landschaft hinleiten könnte, um mit möglichst wenig Straßenlänge möglichst viel Landschaft zu erschließen (vgl. Jaeger 2001a).

e) "Wie erheblich beeinträchtigen landschaftszerschneidende Eingriffe die Erreichbarkeit von Habitaten?"

Die Frage nach der Erreichbarkeit von Habitaten in einer Landschaft liegt den neu entwickelten Maßen von Kapitel 6 zugrunde. Die Maße sind unterschiedliche mathematische Ausdrücke für die Möglichkeit, dass zwei Tiere, die zufällig (und unabhängig voneinander) im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, einander begegnen können. Dieser Ansatz, Begegnungswahrscheinlichkeiten zu quantifizieren (vgl. auch Jaeger 2001b), kann durch eine Modellierung des Ausbreitungsverhaltens mit Bezug auf bestimmte Tierarten weiter verfeinert und dadurch mit dem Begriff der "*landscape connectivity*" verknüpft werden. Die *Herabsetzung der Erreichbarkeit* von Habitaten ist somit ein wesentlicher Aspekt des Erheblichkeitskriteriums "*Zerschneidungsgrad*", aber auch der beiden Kriterien "*Reichweite der Wirkungen auf die Erreichbarkeit von (Teil-) Habitaten*" und "*Veränderung von Lageverhältnissen und Nachbarschaftsbeziehungen*". Diese beiden eignen sich für einzelne Eingriffe, aber auch für mehrere (kumulative) Eingriffe und ihr Zusammenwirken.

f) "Mit welchen mathematischen Konzepten können normativ relevante Charakteristika von Landschaftseingriffen als Bewertungskriterien formal definiert und quantitativ operationalisiert werden?"

Die Operationalisierung durch mathematische Konzepte setzt einen klaren Begriff des normativ relevanten Kennzeichens voraus, daher können Operationalisierungsversuche auch zur Begriffsklärung beitragen. Im Fall des Erheblichkeitskriteriums "Zerschneidungsgrad" ist eine klare Unterscheidung der Begriffe "Heterogenität des Landnutzungsmusters" und "Landschaftszerschneidung" sowie eine Aussage, ob und inwieweit die Ausdehnung von Siedlungsflächen zur Zerschneidung beiträgt, eine notwendige Voraussetzung (vgl. Jaeger 2001b).

Es lässt sich nicht sagen, dass bestimmte mathematische Konzepte für die gestellte Aufgabe generell besser oder schlechter geeignet wären. Für die weitere Entwicklung von Landschaftsindizes lassen sich allerdings die in Kapitel 5 vorgestellten Eignungskriterien formulieren, anhand derer die mathematischen Größen überprüft werden können. Grundsätzlich muss sich ein Operationalisierungsvorschlag ganz nach den Erfordernissen des jeweiligen Erheblichkeitskriteriums richten, beim Zerschneidungsgrad z.B. danach, ob funktionale oder geometrisch-strukturelle Aspekte im Vordergrund stehen sollen.

g) "Welches Maß entspricht den vorhandenen Wertvorstellungen am ehesten bzw. hat aus welchen Gründen die größte normative Relevanz?"

Die Eignungskriterien aus Kapitel 5 stellen *keine* Kriterien dafür dar, ob ein Maß *normativ relevant* ist oder nicht. Normative Relevanz lässt sich entweder aus einer normativen Vorgabe (z.B. ethische Postulate, kodifiziertes Recht, politische Willensbildung für kollektiv bindende Entscheidungen) ableiten oder anhand von Äußerungen von Akteuren über ihre Ziel- und Wertvorstellungen erschließen.⁷⁴

Das Konzept der Umweltgefährdung stellt einen Vorschlag dar, wie ethische Postulate (insbesondere das Postulat der Verteilungsgerechtigkeit, das Vorsorge- und das Verursacherprinzip sowie das Nachhaltigkeitsleitbild) für die Bewertung von Umwelteingriffen im Fall von Ungewissheit *anwendbar gemacht werden können* (vgl. Scherlinger 1996, 1999). Demnach sind grundsätzlich alle Maße, die das Ausmaß der Veränderungen, die ein Umwelteingriff bewirkt, zu operationalisieren vermögen, normativ relevant, und zwar umso mehr, je klarer der *Bezug auf zugrundeliegende ethische Postu-*

⁷⁴ Das Erschließen von Ziel- und Wertvorstellungen aus den Äußerungen der Akteure liefert selbstverständlich keine Aussage darüber, welcher Geltungsanspruch diesen Ziel- und Wertvorstellungen zukommt. Die Soziologie liefert keine normative Auskunft. Aber sie gibt Auskunft darüber, welche Werte und Ziele für die an der Entscheidungsfindung Beteiligten relevant sind – und damit Einfluss darauf haben, welche Umwelteingriffe umgesetzt werden und inwieweit sie ausgeglichen werden – und welche nicht.

late argumentativ hergestellt wird. Eine solche umweltethische Argumentation wird in der vorliegenden Arbeit allerdings nicht weiter ausgeführt (siehe aber Scheringer 1996, 1999, Böschen et al., *inger.*).

Gemäß den *Interviewergebnissen* lassen sich die Maße hinsichtlich der normativen Dimension beurteilen nach den Aussagen der Befragten

- direkt zu den einzelnen Erheblichkeitskriterien,
- dazu, wie mit Unsicherheiten umgegangen werden sollte,
- zum Verständnis von Vorsorge und Verantwortung,
- zur Gewichtung der Landschaftszerschneidung in Zielkonflikten.⁷⁵

Trotz mancher Divergenzen zwischen den Befragten im einzelnen lässt sich der Trend erkennen, dass *sämtliche Zerschneidungsmaße*, die ein oder mehrere Zerschneidungsgradkriterien aus Abschnitt 9.2 quantitativ bestimmbar machen, zugleich normative Relevanz besitzen, und zwar umso mehr, je stärker sie dem jeweiligen Begriffsverständnis der Befragten von "Zerschneidung" entsprechen (vgl. Abschnitt 10.1). In der Befragtengruppe aus dem Naturschutz steigt die normative Relevanz zudem umso mehr, je stärker die Maße funktionale Zusammenhänge einer Landschaft einbeziehen (z.B. Austauschbeziehungen; vgl. Jaeger 2001b). Die in Kapitel 5 und 6 diskutierten Maße beziehen sich auf das Erheblichkeitskriterium "Zerschneidungsgrad" und geben nur einen Teil der Zerschneidungsgradkriterien (von Abschnitt 9.2 in der Langfassung) wieder (welche untereinander in einem Konkurrenzverhältnis stehen).

Da die neuen Maße (Zerteilungsgrad D , Zerstückelungsindex S und effektive Maschenweite m_{eff}) sich als einzige Maße auf eine funktionale Definition stützen (Begegnungswahrscheinlichkeit von Tieren von unterschiedlichen Habitaten aus), können sie als *die Maße mit der größten normativen Relevanz* gelten. Es ist zu erwarten, dass auch Maße für die "landscape connectivity" als Maße mit hoher normativer Relevanz angesehen werden. Für die Befragten aus der Verkehrsplanung werden diese Maße allerdings kaum unter den Begriff der "Zerschneidung" fallen, sondern zu dem davon unterschiedenen Kriterium "Wirkungen auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten" (während die Befragten aus dem Naturschutz dieses Kriterium in ihr Verständnis des Zerschneidungsbegriffes einschließen).

⁷⁵ Eine systematische Auswertung des Interviewmaterials zu den beiden Punkten „Verständnis von Vorsorge“ und „Gewichtung in Zielkonflikten“ ist noch ausstehend.

11.5 Verantwortbarkeit der Folgen und Risiken (Leitfrage 3)

Die zur Leitfrage (3) am Beginn der Arbeit formulierte *Hypothese* lautet (vgl. Kapitel 4):

(H3) *Die Bedingungen für die Verantwortbarkeit landschaftszerschneidender Eingriffe sind sehr oft nicht erfüllt; dies manifestiert sich in substanziellen Defiziten in der tatsächlichen Übernahme von Verantwortung für die Folgen (insbesondere für unvorhergesehene Folgen und für Summenwirkungen).*

Die Teilbereiche I–III der Arbeit betreffen zur Leitfrage (3) vor allem die Themen (vgl. Tab. 1.1):

- I: Anregung zur Gefährdungsbegrenzung bei 'Verantwortbarkeitslücken'
- II: Eignung der Indizes zur Gefährdungsabschätzung
- III: Umfang des Folgenwissens und der Unsicherheiten, Frage nach Lücken in der Verantwortungsübernahme (Suche nach Verantwortlichen)

Die Ergebnisse führen zu folgenden Antworten auf die einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. Tab. 4.2):

a) *Zur Hypothese "Ethische Prinzipien werden zwar prinzipiell gewünscht, aber nur partiell operationalisiert und umgesetzt."*

Die Befragten äußern sich zum Vorsorgeprinzip und zum Verursacherprinzip sowie zu den gesetzlichen Vorgaben prinzipiell mit ausdrücklicher Zustimmung. Von sich aus haben die Befragten allerdings keine ethischen Prinzipien genannt, keine ethische Argumentation begonnen oder mit ethischen Postulaten etwas zu begründen versucht. Für Umsetzungsdefizite – die niemand bestreitet (z.B. Langfristfolgen, Summenwirkungen) – werden "zur Entlastung" viele unterschiedliche Argumente genannt; diese betreffen vor allem: Zielkonflikte zwischen verschiedenen gesetzlichen Vorgaben, 'Zeitgeist' und Verkehrsbedarf der heutigen Gesellschaft, Grenzen der Handhabbarkeit von vorgebrachten Argumenten, Interesse an Kostenbegrenzung, 'Sachzwänge' und die bestehende Verteilung der Beweislasten und der Zuständigkeiten sowie Grenzen der Prognostizierbarkeit von Folgewirkungen.

Demnach werden die befürworteten ethischen Prinzipien hinsichtlich ökologischer Langfristfolgen und Summenwirkungen nur soweit umgesetzt, wie eine wirkungsorientierte Argumentation zugkräftige Beweise für die Notwendigkeit von Einschränkungen und Ausgleichsmaßnahmen erbringt.

b) *Zur Hypothese "Das Verständnis von Verantwortung wird unterschiedlichen Zielen angepasst."*

Die rechtliche und die ethisch-moralische Verantwortung für nachträglich erkannte Folgen eines landschaftszerschneidenden Eingriffes fallen gemäß den Aussagen von vielen Befragten deutlich auseinander. Dass das Verständnis von Verantwortung unterschiedlichen Zielen angepasst würde, lässt sich aus den Interviewaussagen nicht nachweisen. Es findet vielmehr eine Externalisierung von Verantwortung statt, d.h. dass die eigene Verantwortlichkeit ausschließlich innerhalb der eigenen Rolle und offiziellen Zuständigkeit gesehen wird. Was damit nicht erfasst wird, liegt irgendwo "außerhalb" und wird "der Entwicklung insgesamt" oder "der Gesellschaft insgesamt" zugeordnet, auch wenn diese gar kein verantwortungsfähiges Subjekt darstellt. D.h. das jeweilige Verständnis der eigenen Verantwortung wird *der jeweiligen Rolle und Zuständigkeit angepasst* (in der Befragtengruppe aus Naturschutz und Landschaftsplanung z.T. mit spürbarer Resignation); in keinem Fall werden Diskrepanzen geäußert, die einen Wechsel der eigenen Rolle (z.B. Berufswechsel) erforderlich (oder aussichtsreich) machen könnten.

c) *Zur Hypothese "Faktisch besteht keine Langfristverantwortung, obwohl dies gefordert wird: keine Verfahren, keine Zuständigkeiten."*

Aus den Interviewaussagen sind keine Ansätze einer Langfristverantwortung erkennbar, die über die gesetzlichen Forderungen hinausgehen. Die Weite des zeitlichen Horizontes der Verantwortungsübernahme – z.B. für ökologische Summenwirkungen – liegt im Ermessen der politischen Entscheidungsträger/-innen. Nachbesserungsverpflichtungen sind eine Seltenheit, für Nachbesserungsmaßnahmen muss die öffentliche Hand aufkommen (sofern sie durchgeführt werden).

Außerdem sind die Teilfragen zu Leitfrage (3) zu beantworten (vgl. Abschnitt 1.4):

d) *"Entsprechend welchem Verständnis von Verantwortung und Vorsorge müssen landschaftsökologische Informationen erhoben werden?"*

Zu dieser Frage lassen sich aus den Interviewaussagen kaum konkrete Informationen gewinnen. Eine ganz wesentliche Voraussetzung ist aber ein klares Konzept für die Zurechenbarkeit von Umweltveränderungen zu geeigneten Verantwortungssubjekten, da sich sonst keine Zuständigkeiten definieren lassen. Ein solches Konzept muss deutlich über die Auswirkungsorientierung der bestehenden Regelungen hinausgehen, um eine Zurechenbarkeit auch für unerwartete, kausal nicht rekonstruierbare Folgewirkungen zu erreichen.

- e) ***"Wie können die Reichweite der Folgen von Landschaftseingriffen und das Ausmaß der verbleibenden Ungewissheit charakterisiert werden, um die Verantwortbarkeit der Eingriffe zu beurteilen?"***

Auf diese Frage liefern die Expertenaussagen ebenfalls keine weiterführenden Auskünfte. Eine Möglichkeit besteht darin, Handlungen, bei denen signifikante Ungewissheiten über mögliche Folgen verbleiben, grundsätzlich zu unterlassen. Im Fall, dass zwischen mehreren Handlungsalternativen entschieden werden muss, welche alle mit erheblichen Ungewissheiten über die Folgen verknüpft sind, spricht das Konzept der Umweltgefährdung dafür, die Handlung mit der geringeren Folgenreichweite und dem geringeren Ausmaß an verbleibender Ungewissheit zu bevorzugen, um die "Verantwortbarkeitslücke" (Gleich 1997a) möglichst gering zu halten. Hinsichtlich der Landschaftszerschneidung eignen sich als Indikatoren die auf die Eigenschaften des Eingriffs bezogenen Erheblichkeitskriterien von Abschnitt 10.2 (Zerschneidungsgrad, Lageverhältnisse und Nachbarschaftsbeziehungen, etc.).

- f) ***"Welche Problemsicht (z.B. Stellenwert der Zerschneidung im Vergleich zu anderen Umweltthemen), welche Werte und Ziele der gesellschaftlichen Akteure können den Bewertungen zugrunde gelegt werden?"***

Die Befragten stufen die Landschaftszerschneidung im Vergleich mit anderen Umweltproblemen erstaunlich hoch ein.⁷⁶ Als Werte und Ziele der Akteure, die für Bewertungen landschaftszerschneidender Eingriffe eine Rolle spielen, werden die in den bestehenden Gesetzen und weiteren Regelungen kodifizierten Normen genannt, die im Prinzip alle unterstützt werden. Differenzen bestehen aber darin, wie die verschiedenen Ziele und Werte zu gewichten sind. Hierin werden zum Teil die unterschiedlichen Naturbilder der Befragten sichtbar, z.B. das Vertrauen in die Selbstheilungskräfte der Natur gegenüber der Sorge um irreversible Verluste von Arten und Biotopen. Insgesamt erscheinen die Aussagen der Befragten zu allgemein und zu unterschiedlich interpretierbar, um darauf einen Bewertungsvorschlag zu gründen; sinnvoller erweist es sich, direkt mit den Erheblichkeitskriterien von Abschnitt 9.3 weiterzuarbeiten (Zerschneidungsgrad, Lageverhältnisse und Nachbarschaftsbeziehungen, etc.).

- g) ***"Besteht ein Zusammenhang zwischen der Verantwortbarkeit eines Eingriffs und dem Unbekanntheitsgrad der damit verbundenen Risiken?"***

Die Verantwortbarkeit eines Eingriffs ist nach Ansicht der Befragten zwar zum Teil mit der Frage verknüpft, ob die damit verbundenen Risiken bekannt sind oder nicht, doch lässt sich kein unmittelbarer einfacher Zusammenhang rekonstruieren. Einerseits müssen grundlegende bekannte Folgenbereiche ausreichend genau untersucht und auf-

⁷⁶ Diese Einstufung lässt eine weit stärkere Forschungsaktivität zu diesem Thema für angemessen erscheinen, als sie heute besteht.

geklärt sein, um den Anforderungen der Planfeststellung zu genügen. Andererseits werden weitergehende Unsicherheiten wie eine (mutmaßlich) nur vorläufig unbekannte Größe immer weiter "nach hinten" verschoben, bis eine Entscheidung schließlich aufgrund *anderer* Größen begründet wird und als in rechtlichem Sinne verantwortbar erscheint.

Auch aus der Anordnung verschiedener Landschaftseingriffe im Diagramm „Bekanntheitsgrad der Risiken versus Verantwortbarkeit des Eingriffs“ (Abb. 9.3 der Langfassung) wird kein einfacher Zusammenhang erkennbar, allerdings ist im Bereich mit höherem Unbekanntheitsgrad die Zahl der Beispiele, die als "unverantwortbar" eingestuft werden, größer als die der "verantwortbaren" Beispiele.

Gemäß den Überlegungen aus Teil I sind Handlungen prinzipiell umso weniger verantwortbar, je größer der Unbekanntheitsgrad der damit verbundenen Risiken ist: Verantwortbarkeit setzt die Abschätzbarkeit der Folgen eines Tuns voraus (Picht 1967: 7f, Gleich 1997a; vgl. Abschnitt 2.2 in der Langfassung); mindestens insoweit müssen die Folgen abschätzbar sein, dass das Verantwortungssubjekt beurteilen kann, ob es für diese Folgen einzustehen in der Lage ist.

h) "Welche Konsequenzen ergeben sich für die Wahl von Indikatoren zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen?"

Neben weiteren Verbesserungen der auswirkungsorientierten Bewertungsstrategie wird ein *anderes Konzept* benötigt, welches die in der Wirkungsanalyse nicht aufklärbaren Ungewissheiten nicht immer weiter "nach hinten" schiebt, sondern sich der Frage nach dem Umgang mit ihnen von Beginn an stellt: Die auswirkungsorientierten Indikatoren sollten durch gefährdungsorientierte Indikatoren ergänzt werden.

Während das Kriterium der "*räumlichen Reichweite für Umweltchemikalien*" darauf zielt, die Ausbreitung der Chemikalien *möglichst gering* zu halten, richtet sich das Kriterium der "*Wirkung eines Verkehrsweges als ‚Barriere‘ auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten*" auf das Ziel, eine *möglichst hohe* Ausbreitung von Tieren in einer Landschaft zu gewährleisten.⁷⁷

⁷⁷ Diese pointierte Formulierung zur Gegenüberstellung beider Kriterien verdanke ich Dr. Hermann Held (Potsdam).

11.6 Umgang mit Ungewissheit (Leitfrage 4)

Die zur Leitfrage (4) am Beginn der Arbeit formulierte *Hypothese* lautet (vgl. Kap. 4):

(H4) *Über die Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Entscheidungsfindung bzw. der Bemessung des Ausgleichs bestehen erhebliche Differenzen zwischen den Befragten, denen Konflikte v.a. auf der Ebene der Werte und Weltbilder (vgl. Abb. 1.1) zugrunde liegen.*

Die Teilbereiche I–III der Arbeit betreffen zur Leitfrage (4) vor allem die Themen (vgl. Tab. 1.1):

- I: Vorschläge zur Vorverlagerung der Bewertung
- II: Eignung der Indizes zur Abschätzung des Ausmaßes der Ungewissheit
- III: Frage nach dem Stellenwert von unsicheren und unbekanntem Risiken in der Entscheidungsfindung

Die Ergebnisse führen zu folgenden Antworten auf die einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. Tab. 4.2):

a) *Zur Hypothese "Die Bewertung bereitet große Schwierigkeiten im Fall von Ungewissheit."*

Gemäß den Interviewaussagen scheint in der Praxis der Fall, dass Ungewissheiten bewertet werden müssen, kaum diskutiert zu werden, da man ihn weitgehend zu umgehen versucht: Im Prinzip werden alle entscheidungsrelevanten möglichen Folgen durch Wirkungsanalysen aufgeklärt, so dass – theoretisch – die verbleibenden Unsicherheiten nur solche Bereiche betreffen, die nicht mehr entscheidungsrelevant sind. Die genauere Diskussion in den Interviews zeigt jedoch, dass unter den Befragten sehr große Differenzen über die Existenz ungewisser potenzieller Folgen, über deren Entscheidungsrelevanz und über mögliche Methoden des Umgangs mit ihnen bestehen. Von einer systematischen Bewertung ungewisser Folgen kann offensichtlich keine Rede sein. Als Schwierigkeiten, die einer Berücksichtigung ungewisser potenzieller Folgen entgegenstehen, nennen die Befragten vor allem deren fehlende Handhabbarkeit.

b) *Zur Hypothese "Generell gibt es zwar eine Tendenz zur 'Vorverlagerung' der Ansatzpunkte für die Bewertung, aber je mehr Unsicherheit besteht, umso größer sind die Differenzen zwischen Verkehrsplanung und Naturschutz."*

Je größer die verbleibenden Unsicherheiten sind, um so stärker argumentieren die Befragten auf der Ebene der rechtlichen Vorgaben oder auf der Ebene ihres Natur- und Gesellschaftsbildes. Dies zeigt sich konkret am Beispiel des Umgangs mit Summen-

wirkungen. Eine erhebliche Differenz zwischen Naturschutz und Verkehrsplanung zeigt sich auch darin, dass sich die Befragten aus der Verkehrsplanung mit dem Stand der Berücksichtigung ihrer Anliegen überwiegend zufrieden zeigen, während bei den Befragten aus dem Naturschutz (und auch bei einigen Befragten aus der Landschaftsplanung) im Durchschnitt eine starke Resignation spürbar ist. Nach übereinstimmender Aussage der Befragten haben die mit Ungewissheit behafteten Argumente in Zielkonflikten von vornherein eine Verliererposition.

Zwar befürworten die meisten Befragten, dass die Bewertung möglichst früh in der Kausalkette (von Eingriff und Auswirkungen) ansetzen sollte,⁷⁸ doch *ohne* sich dabei von der Wirkungsorientierung zu lösen (d.h. ohne den strikten Bezug auf *konkrete* negativ bewertete Auswirkungen aufzugeben).

c) *Zur Hypothese "Es bestehen erhebliche Defizite an geeigneten Instrumenten für eine Umsetzung."*

Es sind aus den Interviews keine Anhaltspunkte ablesbar, dass es Verfahren zur Berücksichtigung von verbleibenden Unsicherheiten in der Entscheidungsfindung gäbe. Vielmehr werden die verbleibenden Unsicherheiten offenbar mit geeigneten Argumenten im Sinne einer "Immunisierung" aus dem Entscheidungsdiskurs ausgegrenzt.

d) *Zur Hypothese "'Zuviel' Vorsorge wird von der Verkehrsplanung als 'Verhinderungstaktik' betrachtet und abgelehnt.'*

Diese Hypothese lässt sich für zwei Befragte aus der Verkehrsplanung widerlegen, für eine befragte Person bestätigen und für zwei Befragte anhand der Interviewaussagen nicht beantworten. "Vorsorge" wird von der befragten Person, die der Naturschutzseite eine "Verhinderungsstrategie" vorwirft, vielmehr als Anlass für einen Ausbau der Infrastruktur interpretiert, um steigende Verkehrsmengen zu bewältigen und peripher gelegene Gebiete verkehrlich besser anzubinden.

Außerdem ist die Teilfrage zu Leitfrage (4) zu beantworten (vgl. Abschnitt 1.4):

e) *"Gibt es angesichts der komplexen Kausalitätsbeziehungen und der Prognose-schwierigkeiten Ansätze für eine vorverlagerte, weniger stark an den Auswirkungen orientierte Bewertung, um 'noch unerkannte Risiken' mit zu berücksichtigen?"*

Gemäß den Interviewaussagen gibt es in der heutigen Praxis solche Ansätze zur Vorverlagerung der Bewertung bisher nicht. Gleichwohl nennen mehrere Befragte Beispiele dafür, dass es durchaus bisher unerkannte Folgen der Landschaftszerschneidung geben

⁷⁸ Siehe die Antworten der Befragten zur Leitfadenfrage 4.(2) über den gewünschten Ansatzpunkt der Bewertung in der Kausalkette (vgl. Anhang H.1 in der Langfassung).

könnte. Die Reaktionen auf drei konkrete Interviewfragen⁷⁹ geben Anlass zur Hoffnung, dass das Konzept der Umweltgefährdung – und entsprechend operationalisierte Kriterien – bei einem Großteil der Akteure aus allen drei Befragtengruppen eine positive Aufnahme finden wird.

11.7 Zielvorgaben (Leitfrage 5)

Die zur Leitfrage (5) am Beginn der Arbeit formulierte *Hypothese* lautet (vgl. Abschnitt 4.3):

(H5) *Die Einführung eines Grenzwertes erscheint in methodischer Hinsicht mittelfristig realisierbar, wird aber von den Befragten aus ganz unterschiedlichen Gründen eher mit Zurückhaltung aufgenommen (Resignation gegenüber bisheriger Entwicklung, Vermutung von Missbrauchsgefahren, Einstufung als Hemmnis für Wirtschafts- und Verkehrswachstum).*

Die Teilbereiche I–III der Arbeit betreffen zur Leitfrage (5) vor allem die Themen (vgl. Tab. 1.1):

- I: Begründung vorsorgeorientierter Zielaussagen auf der Ebene der Konfiguration
- II: Eignung der Indizes zur Formulierung eines Richt- oder Grenzwertes
- III: Beurteilung des Grenzwertvorschlags, Frage nach Alternativen

Die Ergebnisse führen zu folgenden Antworten auf die einzelnen Arbeitshypothesen (vgl. Tab. 4.2):

a) *Zur Hypothese "Im Naturschutz wird ein Zerschneidungsgrenzwert befürwortet, in Landschaftsplanung und Verkehrsplanung abgelehnt."*

Die Unterschiede in den Antworten der Befragten sind groß (vgl. Tab. 9.39 in der Langfassung, Jaeger 2001a). Zusammenfassend unterstützt die Hälfte der Befragten (aus allen drei Gruppen) im Prinzip den Vorschlag eines Grenz- oder Zielwertes. Zweifel an der Dringlichkeit des Zieles, die Landschaftszerschneidung zu begrenzen, äußern ausschließlich einige Befragte aus der Verkehrsplanung (denn sie sehen z.B. eine Ge-

⁷⁹ Diese Fragen sind:

- Einstufung des Kriterienvorschlags "*Kluft zwischen der Reichweite der Wirkungen und der Reichweite des Folgenwissens*" für die Erheblichkeit landschaftszerschneidender Eingriffe (vgl. Abschnitt 9.3.2 q. in der Langfassung),
- Einstufung des gewünschten Ansatzpunktes für die Bewertung innerhalb der Kausalkette (d.h. möglichst früh oder eher spät),
- Einstufung der gewünschten Gewichtung ungewisser Bereiche in der Abwägung gegenüber ihrem heutigen Stellenwert (Leitfadenfrage 4.(2); vgl. Anhang H.4.2).

fahr eines Hemmnisses „für die Entwicklung insgesamt“). Die Erfolgsaussichten von Zielvorgaben werden angesichts der bisherigen Erfahrungen von mehreren Befragten aus der Landschaftsplanung allerdings sehr pessimistisch beurteilt. Die Befragten aus dem Naturschutz äußern zum Teil Zweifel an der Operationalisierbarkeit von überprüfbaren Zielvorgaben, andere aber machen konkrete Vorschläge, wie eine Operationalisierung möglich sein könnte.

Es besteht somit eine starke Diskrepanz zwischen der geäußerten Wünschbarkeit einer Trendänderung einerseits und der tatsächlichen Entwicklung sowie dem Engagement für Maßnahmen zur Änderung andererseits. Aufschlussreich ist es, die Gegenargumente der Befragten zur Grenzwertfrage genauer zu betrachten. Hier zeigt sich, dass sie überwiegend *nicht spezifisch* sind für das Thema Landschaftszerschneidung, sondern generelle Schwierigkeiten bei der Quantifizierung und Bewertung von Umwelteinwirkungen und bei der Festlegung von Grenzwerten betreffen. Daher scheinen viele dieser Kontra-Argumente auf ähnliche Weise überwindbar zu sein, wie dies auch in anderen Umweltbereichen bei der Festlegung von Grenzwerten und anderen Umweltstandards (vgl. z.B. SRU 1996a, Pinkau und Renn 1998) gelungen ist.

b) *Zur Hypothese "Die Befragten sehen eine Gefahr, dass ein Grenzwert dazu missbraucht würde, um weitere Zerschneidungen zu legitimieren."*

Einzelne Befragte in den Gruppen Naturschutz und Landschaftsplanung nennen eine solche Gefahr. Andererseits sehen sie die Chance, dass ein Grenzwert in der politischen Diskussion sehr viel wirkungsvoller sein könnte als die bestehenden Absichtserklärungen, um die Zerschneidung überhaupt einmal zu stoppen. Außerdem ließe sich die Gefahr dadurch umgehen, dass man anstatt eines Grenzwertes *Richt-* oder *Zielwerte* festlegt.

c) *Zur Hypothese "Es besteht bei den Befragten eine starke Resignation gegenüber den anhaltenden Entwicklungstrends."*

Eine starke Resignation ist bei mehreren Befragten aus dem Naturschutz und der Landschaftsplanung spürbar, aber auch bei einigen Befragten aus der Verkehrsplanung wird eine gewisse Entmutigung angesichts der ständig fortschreitenden Flächeninanspruchnahme und der Veränderungen des Landschaftscharakters deutlich. Gegensteuernde Maßnahmen werden von ihnen generell als aussichtslos angesehen. Die übrigen Befragten stehen der Entwicklung zum Teil befürwortend gegenüber, zum Teil neutral (nichtwertend) und zum Teil pragmatisch mit einem gewissem Optimismus, dass neue Instrumente und ein verstärktes Umweltbewusstsein eventuell eine Trendänderung erreichen könnten.

Außerdem sind die Teilfragen zu Leitfrage (5) zu beantworten (vgl. Abschnitt 1.4):

d) "Wie ließe sich beispielsweise ein Grenzwert für die Landschaftszerschneidung formulieren?"

Konkrete Richt- oder Grenzwerte für die Landschaftszerschneidung können regionspezifisch auf mehreren Maßstabsebenen bestimmt werden (z.B. entsprechend den einschlägigen Planungsebenen), und sie können nach der Art des Raumes dreifach untergliedert werden:⁸⁰

- Vorrangräume für großflächig unzerschnittene Bereiche: keine weiteren Zerschneidungen zulässig, Vorrang für Aufhebung bestehender Zerschneidungen,
- Vorgabe von Zielwerten für ländliche Räume,
- möglicherweise Duldung weiterer Zerschneidungen in Ballungsräumen oder entlang von Entwicklungsachsen.

Ein Grenz- oder Richtwert könnte z.B. in Landesentwicklungsplänen landkreisweise festgeschrieben werden mit einem Zeithorizont von 30 bis 50 Jahren (damit man die ökologischen Reaktionen auf die bisherige Entwicklung erkennen und das Ausmaß der Summenwirkungen untersuchen kann), um dem Schutz unzerschnittener Gebiete ein größeres Gewicht zu geben.

Als ein erster Schritt auf dem Weg zu einer zuverlässigen Sicherung der Landschaft vor einer fortgesetzten Zerschneidung bietet sich die Behandlung von unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen (UVR) als *Schutzgut* (im Sinne eines Lebensraumpotenzials) an, wie es Waterstraat et al. (1996) vorschlagen. Wahrscheinlich ist auf Dauer ein Maßnahmenverbund am aussichtsreichsten, welcher den Grenz- oder Zielwertansatz mit der Einstufung bestimmter UVR als Schutzgut und mit einer Besteuerung von Flächennutzungen (vgl. z.B. Bizer und Bergmann 1998) kombiniert. Um eine *Trendwende* zu erzielen, wird eine Flächenbesteuerung allein kaum wirksam genug sein, da sie sich lediglich auf die direkte Flächeninanspruchnahme, nicht aber auf den Netzcharakter der Zerschneidung bezieht.

Eine Festlegung von Grenzwerten setzt voraus, dass die Landschaftszerschneidung auf eine geeignete Weise quantifiziert werden kann. Entscheidend ist dabei, dass die hierfür gewählten Zerschneidungsmaße die *Struktur* des Verkehrsnetzes wiedergeben. Einen Grenzwert lediglich dadurch zu bestimmen, dass die *Straßenlänge* (oder die *Straßendichte*) begrenzt wird, ließe zu wenig Gestaltungsspielraum und würde möglicherweise zu einer gleichmäßigen flächendeckenden Zerschneidung führen (um mit relativ wenig Straßenlänge die Landschaft möglichst stark zu erschließen), die keine größeren Flächen unzerschnitten belässt. Das Maß der effektiven Maschenweite m_{eff} dagegen gewährt größere Planungsfreiheit und illustriert somit den Vorteil, den ein das *Zerschneidungs-*

⁸⁰ Diesen Gliederungsvorschlag verdanke ich einer der befragten Personen aus der Gruppe 'Landschaftsplanung' (vgl. Abschnitt 9.6.1 der Langfassung).

muster kennzeichnender Grenzwert gegenüber einer reinen Längenbegrenzung hat (Jaeger 2001a).

Die Entwicklung von Quantifizierungsmethoden für die Landschaftszerschneidung steht heute allerdings erst an ihrem Beginn. Zudem sind, bevor die Richt- oder Grenzwerte festgelegt werden, vergleichende Untersuchungen notwendig, die zeigen, für welche Landschaftstypen (und welche Indikatorarten) welche Größenordnungen des Zerschneidungsgrades derzeit vorliegen. Je nach Maßstabs- bzw. Planungsebene ist für die Formulierung von Grenz- oder Zielwerten voraussichtlich der Einsatz unterschiedlicher quantitativer Maße zweckdienlich.

Quantitative Vorgaben ermöglichen eine überprüfbare Bilanzierung von Neuerschneidungen und Rückbaumaßnahmen. Eine solche quantitative Bilanzierung stellt gegenüber den heutigen, von den Befragten geschilderten mangelhaften Rückbaumaßnahmen einen wünschenswerten Schritt in die richtige Richtung dar. Angesichts der bestehenden Ansätze für eine Quantifizierung und der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erscheint die Formulierung von Richt- oder Grenzwerten in methodischer Hinsicht mittelfristig realisierbar.

e) "Welche Alternativen schlagen die Befragten vor?"

Insgesamt ist die Zahl der Vorschläge eher gering, zudem zeigen die Befragten sich wenig überzeugt davon, dass diese Vorschläge in absehbarer Zeit aufgegriffen und umgesetzt werden. Einige Befragte sprechen die räumliche Entkoppelung von Ausgleichsmaßnahmen vom Eingriff an, welche sie am ehesten für umsetzbar halten. Eine Veränderung des Trends könne damit sicher nicht bewirkt werden, aber möglicherweise ließe sich dadurch für den Natur- und Landschaftsschutz mehr erreichen bei gleichen Kosten. Auf die Frage nach dem Umgang mit Unsicherheiten geben die Befragten überwiegend an, die *unbekannten Bereiche* sollten *deutlich stärker gewichtet* werden, als es heute der Fall ist. Die Aufstellung von Landschaftsleitbildern wird kaum angesprochen.

Vorschläge, die je einmal genannt wurden, sind:

in Gruppe „Verkehrsplanung“:

- Die Durchführung einer *Netzbereinigung* des gesamten Verkehrsnetzes, um die Ortslagen zu entlasten, könnte auch die Landschaftszerschneidung verringern (z.B. entsprechend dem „Oasen-Konzept“ des VCD Ludwigsburg; Arbeitskreis Straßen im VCD-Kreisverband Ludwigsburg 1996).
- Umstellung der Verkehrsplanung von der Bedarfsorientierung zu einer *Zielorientierung*.

in Gruppe „Landschaftsplanung“:

- Halten des heutigen *Untersuchungsstandards* in allen UVS-Verfahren, auch in der "durchschnittlichen Kulturlandschaft" (d.h.

dem heutigen Vereinfachungs- und Einsparungstrend bei der UVS entgegenwirken).

- Verbesserung des Wissens über geeignete *Indikatorarten* (Ergänzung der FFH-Richtlinie).
- wissenschaftliche *Erforschung* der unbekannteren Zusammenhänge, um die Erkenntnisse ggfs. in Regelungen zur Verbesserung der UVS-Routine umzusetzen.

in Gruppe „Naturschutz“:

- *Monitoring* der Eingriffsfolgen *als Ausgleichsmaßnahme* für die verbleibenden Ungewissheiten (und ggfs. Nachbesserungsverpflichtung).
- Finanzierung der Behebung nachträglich erkannter ökologischer Schäden aus der *Mineralölsteuer*.

Die Forderung nach einer Plan-UVP wurde von niemandem ins Gespräch gebracht (obwohl das Thema bei der Diskussion von Summenwirkungen eigentlich sehr naheliegend ist).

Wie die Ergebnisse zeigen, sprechen substantielle Gründe dafür, dass sich der Ziel- oder Grenzwertvorschlag mittelfristig bis zur Anwendungsreife ausarbeiten lässt und anschließend als konkrete Maßnahme zur Verfügung stehen wird:

- Seit kurzem liegen mehrere aussichtsreiche Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung vor (Jaeger 2001b). Ihre Überprüfung anhand von zehn Eignungskriterien weist insbesondere die effektive Maschenweite m_{eff} als ein Maß aus, welches zur Erfassung der Zerschneidung gut geeignet und leicht handhabbar ist.
- Viele Befragte nennen wesentliche Vorteile, die ein quantitativer Grenz- oder Richtwert gegenüber den bisherigen Maßnahmen hätte. Ein Grenz- oder Richtwert sollte dem Problem der Zerschneidung mehr Gewicht in der Raumplanung und in der politischen Diskussion geben und damit eine Trendwende einleiten. Außerdem würden überprüfbare Richtwerte eine Richtungs- und Zielorientierung in die Verkehrsplanung einführen, anstatt stets dem ständig wachsenden Verkehrsbedarf nachzufolgen.
- Die Mehrzahl der Kontra-Argumente bezieht sich auf Schwierigkeiten, die überwindbar erscheinen, da sie bei nahezu jeder Grenzwertsetzung auftreten und in den bestehenden Grenzwertregelungen (und bei anderen Umweltstandards) bereits erfolgreich bewältigt worden sind.
- Die Diskussion über Zerschneidungsgrenzwerte könnte zudem die Entwicklung von Vorschlägen für effektive Maßnahmealternativen anregen, um einer Trendwende als Beitrag für einen nachhaltigen Landschaftsschutz zum Durchbruch zu verhelfen.

Die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Aufstellung von Grenzwerten für konkrete Landschaften stellt eine attraktive Herausforderung für die Ökolo-

gie und den fachlichen Naturschutz dar: Einerseits verlangt diese Aufgabe eine Zusammenführung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Ökologie und anderen Bereichen (z.B. Raumplanung) und die Durchführung (und Finanzierung) gezielter weiterer ökologischer Untersuchungen (z.B. über kritische strukturelle Landschaftsveränderungen; vgl. SRU 1994: 124ff Tz 242ff, With und Crist 1995). Dies heißt insbesondere,

- die Auswirkungen der Fragmentierung von Lebensräumen genauer zu erforschen,
- die Folgen künftiger Eingriffe einschließlich der Summenwirkungen besser zu prognostizieren,
- verbesserte Bewertungskriterien für die Eingriffe und ihre Folgen entwickeln (vgl. Plachter 1992, Lehnes 1994a).

Andererseits erfordert die anstehende Aufgabe, gesellschaftliche Übereinkünfte zur Bestimmung des maximal tolerierbaren Ausmaßes von Landschaftszerschneidung sowie eine geeignete rechtliche Form der Standardsetzung auszuhandeln (vgl. Pinkau und Renn 1998). Hierzu zählt z.B. die Diskussion der Frage, welcher Form des Standards – Grenzwert, Richtwert, Zielwert oder einer anderen Form – der Vorzug gegeben werden sollte.

11.8 Überwindung des „Zerschneidungszirkels“ durch das Konzept der Umweltgefährdung?

Wie können ungewisse, nicht abschätzbare Folgen besser in den Entscheidungsprozess einbezogen werden? Das Konzept der Umweltgefährdung verfolgt hierfür den Ansatz, den strikten Auswirkungsbezug bei der Eingriffsbeurteilung aufzugeben und die Bewertung innerhalb der Kausalkette weiter nach vorne zu verlegen (vgl. Kapitel 2).

Die beiden Bewertungsstrategien der Gefährdungsorientierung und der Wirkungsorientierung stellen zwei komplementäre Perspektiven zur Betrachtung eines komplexen Umweltproblems dar (Abb. 11.5), bei dem die naturwissenschaftlichen Wirkungsmechanismen nicht ausreichend genau bekannt sind, um längerfristige Prognosen erstellen zu können (oder aufgrund des Auftretens chaotischen Verhaltens; vgl. Kapitel 2), d.h. mit teilweise unbekanntem Ereignisraum. Unausweichlich werden Verfahren zur Komplexitätsreduktion benötigt, wie in Abschnitt 11.2 dargestellt.⁸¹ Unterschiedliche Verfahren

⁸¹ Der Begriff der "Erheblichkeit" korrespondiert sehr gut mit dem Gefährdungskonzept, da er nicht auf Wirkungsorientierung festgelegt ist, sondern in gleicher Weise für die Gefährdungsorientierung offen ist, d.h. in dem Begriff der Erheblichkeit können beide Ansätze zusammenfinden.

– sofern sie nicht nur eine Vergrößerung oder Detaillierung voneinander darstellen – sind zueinander *komplementär*,⁸² d.h. dass sie

- a) einen Großteil der in den jeweils anderen Verfahren betrachteten Aspekte ausblenden und in manchen Fällen zu unterschiedlichen, einander widersprechenden Bewertungsergebnissen kommen können,
- b) sich auf das selbe lebensweltliche Problem beziehen und prinzipiell auf der gleichen Grundlage von Ziel- und Wertvorstellungen arbeiten.

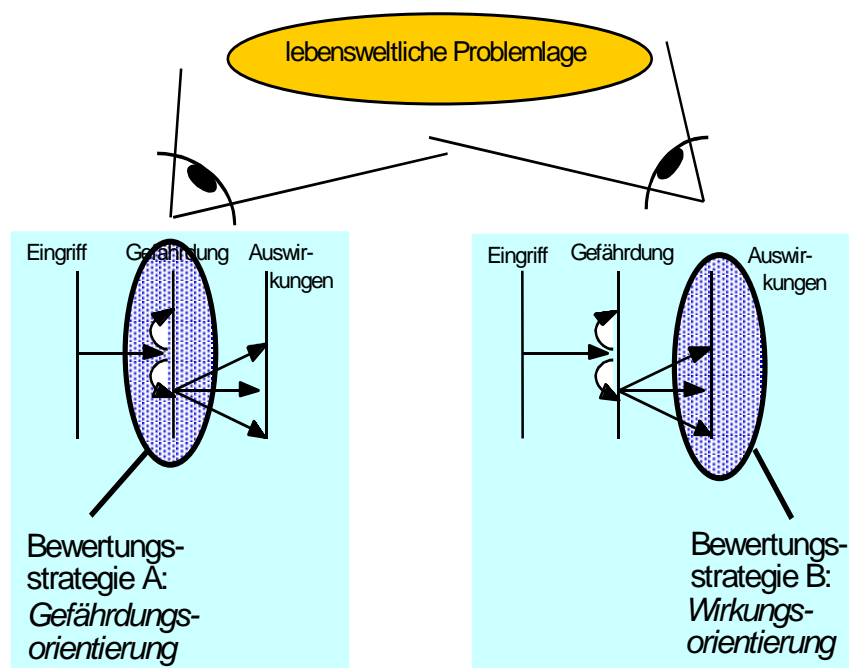


Abb. 11.5: Wirkungsanalyse und Gefährdungsanalyse als komplementäre Ansätze zum Umgang mit Überkomplexität und daraus resultierenden Unsicherheiten (vgl. Abb. 2.2; aus Jaeger 2000d: 211).

⁸² Genauer gesagt sind die unterschiedlichen Bewertungsergebnisse komplementär zueinander. Zum Begriff der Komplementarität vgl. Bohr (1931, 1933), Pauli (1950), Meyer-Abich (1965, 1967), Primas (1983, 1992, 1995), Müller-Herold (1995), Esfeld (1998). Kennzeichnend für Komplementarität ist, dass zwei (oder mehrere) Eigenschaften zugleich *unlösbar zusammengehören* (und einander ergänzen), sonst ist die Beschreibung des anstehenden Problems wesentlich unvollständig, und *einander ausschließen*: "Komplementarität heißt die Zusammengehörigkeit verschiedener Möglichkeiten, dasselbe Objekt als verschiedenes zu erkennen. Komplementäre Erkenntnisse gehören zusammen, insofern sie Erkenntnisse desselben Objektes sind, sie schließen einander jedoch insofern aus, als sie nicht zugleich und für denselben Zeitpunkt erfolgen können. Die Struktur des Objekts, die darin zum Ausdruck kommt, dass es komplementär erfahren und beschrieben wird, kann mit Bohr als Individualität oder Ganzheit bezeichnet werden." (Meyer-Abich 1967: 933f).

Für Probleme, die *nicht* überkomplex sind, tritt die Notwendigkeit einer ergänzenden, komplementären Bewertungsstrategie nicht (oder nicht in solcher Schärfe) zutage.⁸³ Bei ihnen kann die gewohnte, an den konkreten Auswirkungen orientierte Bewertungsperspektive ein vollständiges (oder nahezu vollständiges) Bild der zu beurteilenden Handlungen erzeugen. Bei überkomplexen Wirkungszusammenhängen jedoch ist ein vergrößerter Aufwand zur Ermittlung der Auswirkungen *nicht ausreichend*, sondern es ist außerdem *eine andere Perspektive* erforderlich. Der Ansatz einer Bewertungsperspektive, die den strikten Bezug auf die Auswirkungen aufgibt, wird in der Praxis bei der Aufstellung von Umweltstandards bereits seit den sechziger Jahren verfolgt (SRU 1996a: 254 Tz 724 u. 294 Tz 843; vgl. auch Abschnitt 2.5 in der Langfassung).

Der Bewertungsansatz der Umweltgefährdung könnte daher geeignet sein, die Immunisierung des "Zerschneidungszirkels" gegenüber kaum abschätzbaren Folgen und Summenwirkungen aufzuheben, und gibt Anlass zur Hoffnung, auf diesem Weg letztlich auch eine Trendänderung in der Entwicklung der Landschaftszerschneidung erzielen zu können.

In einem nächsten Schritt müssten nun die einzelnen Veränderungen diskutiert werden, die die Einführung des Gefährdungskonzeptes als Bewertungsstrategie für den "Zerschneidungszirkel" von Abb. 11.2 bedeuten würde. Hierzu zählt insbesondere der Ansatz, die Ausgleichsmaßnahmen nicht nur auf die Auswirkungen (soweit bekannt) zu beziehen, sondern auch auf die Ebene der Gefährdungen. Eine Bilanzierung der Zerschneidungseinwirkungen auf der Ebene der Gefährdungen ist daher die Konsequenz.

11.9 Zur Entwicklung von normativ relevanten Indikatoren für strukturelle Landschaftsveränderungen

Umweltindikatoren sollen einerseits eine bestimmte Ziel- oder Wertorientierung zum Ausdruck bringen, d.h. normative Relevanz besitzen, und andererseits naturwissenschaftlich abgesichert sein. Daher müssen die Indikatoren mit den Wertvorstellungen und ethischen Prinzipien, die umgesetzt werden sollen, argumentativ verknüpft werden ("Brückenfunktion"; vgl. Abb. 2.5 von Abschnitt 2.1.5 der Langfassung sowie Abb. 11.6). Dies ist umso wichtiger, als die Gefahr besteht, dass von naturwissenschaftlicher Seite große Mengen an Daten und Detailinformationen bereitgestellt werden, die jedoch die durch die Bewertungsaufgabe gestellten Fragen nicht beantworten (vgl. Kap. 2). Welche Anforderungen an solche Indikatoren für die Bewertung struktureller Land-

⁸³ Diese Aussage gilt nicht für physikalische Systeme, denn dort gibt es Beispiele für nicht-überkomplexe Systeme mit komplementären Eigenschaften (Primas 1992, Jaeger 1992).

schaftsveränderungen lassen sich formulieren, die mit den ermittelten Werten und Prinzipien korrespondieren und der Forderung nach normativer Relevanz nachkommen?

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf *einwirkungsbezogene* Bewertungsindikatoren gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. (Sofern die Folgewirkungen struktureller Landschaftsveränderungen prognostiziert werden können, lassen sich außerdem *auswirkungsorientierte* Indikatoren einsetzen – die Schwierigkeiten der wirkungsorientierten Bestimmung "kritischer struktureller Veränderungen" zeigen jedoch, dass der Wirkungsanalyse hier bisher enge Grenzen gesteckt sind.) Als Anforderungen an Indikatoren für strukturelle Landschaftsveränderungen lassen sich zunächst die Eignungskriterien für Zerschneidungsmaße von Kapitel 5 in verallgemeinerter Form übertragen:

- begriffliche Klarheit des Indikators sowie des zugehörigen Kriteriums,
- geistige Anschaulichkeit (intuitive Einsichtigkeit) der Aussage des Indikators,
- Praktikabilität (Anwendbarkeit des Indikators mit vertretbarem Aufwand),
- Anwendbarkeit auf reale Landschaften,
- möglichst robuste Reproduzierbarkeit der Aussage des Indikators bei der Anwendung,
- ausreichende Sensitivität des Indikators auf strukturelle Unterschiede,
- Vergleichbarkeit der Aussage des Indikators für unterschiedliche Gebiete.

Von der normativen Seite sind die *gesetzlichen Vorgaben* (vor allem der Naturschutzgesetze) und die *Erheblichkeitskriterien* (vgl. Abschnitt 11.5 f.) zu nennen, auf die sich die Indikatoren beziehen können bzw. beziehen sollten. Eine wichtige Anforderung ist, dass die Indikatoren eine Zurechnung von festgestellten Veränderungen zu Verantwortungssubjekten ermöglichen sollten. Die Erheblichkeitskriterien lauten:

- Zerschneidungsgrad
- Habitatqualität der betroffenen Flächen
- Minimalareale (sofern bekannt)
- Überlebenswahrscheinlichkeit von Populationen und Metapopulationen (sofern bekannt)
- Veränderungen der Lageverhältnisse und Nachbarschaftsbeziehungen
- Veränderungen der Struktur der Landschaft
- Irreversibilitätsgrad der Einwirkung
- Ausgleichbarkeit des Eingriffs
- Grad der technischen Durchdringung der Landschaft
- Bewegung von Erdmaterial
- Reichweite der Wirkung auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten
- Kluft zwischen der Reichweite der Wirkungen und der Reichweite des Folgewissens
- Beitrag zur Zielerreichung (z.B. des landschaftlichen Leitbildes)

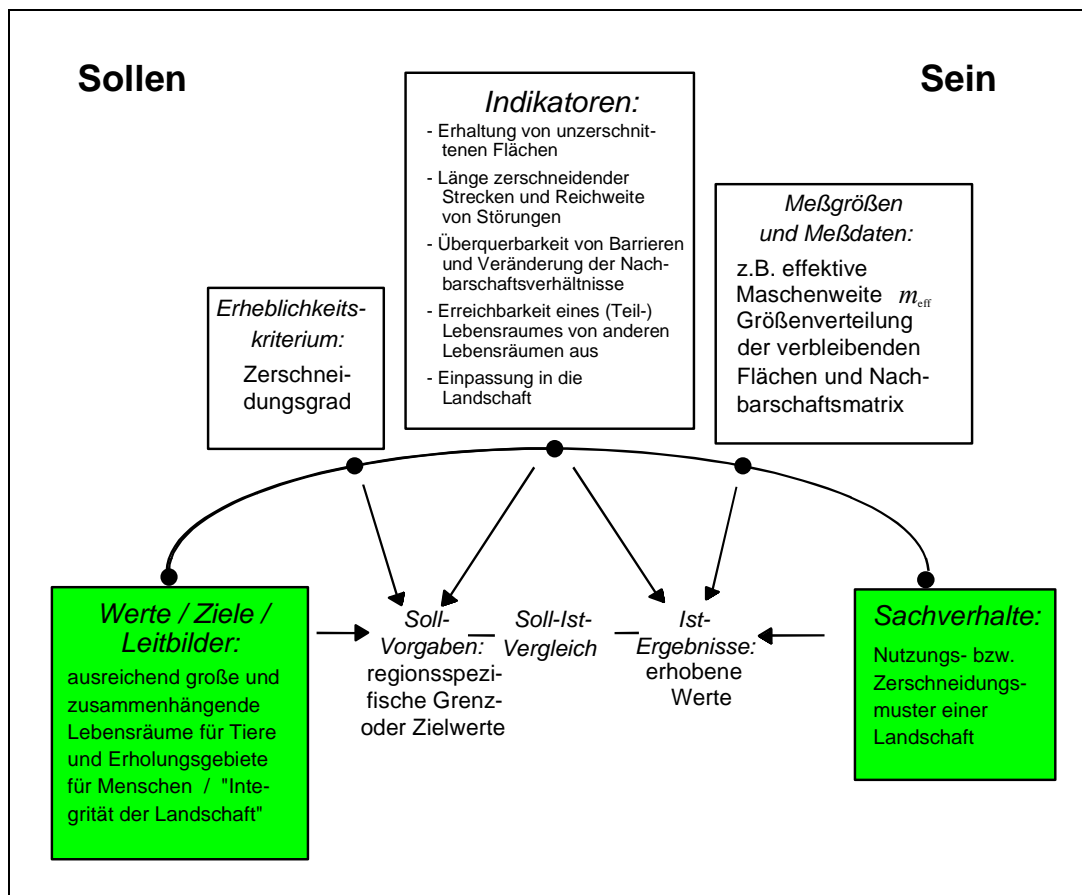


Abb. 11.6: Veranschaulichung der "Brückenfunktion" von Kriterien, Indikatoren und Maßen zur Landschaftsbewertung bzw. zur Eingriffsbewertung für das Beispiel des Kriteriums des Zerschneidungsgrades (nach Abb. 2.1).

- Ausmaß der Umlegungen und der Besitzerwechsel
- Menge der initiierten Folgeeingriffe

Für diese Kriterien gaben die Befragten Argumente an, die ihnen normative Bedeutung zuschreiben.⁸⁴

Die Unterscheidung von Kriterien und Indikatoren ist fließend. Bei den Bewertungskriterien soll der normative Gehalt direkter erkennbar sein als bei den Indikatoren, und die Indikatoren sollen konkrete Aspekte eines Kriteriums – möglichst in direkt anwendbarer Form – zum Ausdruck bringen. Dies kann mit Zwischenstufen geschehen. Wann es angebracht ist, Stufen an einem bestimmten Punkt zu unterscheiden, zeigt sich daran, dass es

⁸⁴ Dies ist durchaus nicht bei allen Landschafts- oder Verkehrsnetzgestaltungsprinzipien der Fall: Beispielsweise kann das Bündelungsprinzip den Interviewergebnissen nach *keine* normative Relevanz beanspruchen, sondern dies können nur die in der Argumentation hierüber genannten Ziele (und entsprechende Indikatoren).

- a) mehrere Unterpunkte gibt, die zu einem übergeordneten Aspekt gehören, welchen sie konkretisieren, und zugleich
- b) die Unterpunkte in manchen Anwendungsfällen in einem Konkurrenz- oder Konfliktverhältnis zueinander stehen können. Das Auftreten solcher Konflikte signalisiert, dass man sich auf einer anderen (Konkretisierungs-)Stufe bewegt.

Für das Beispiel des Zerschneidungsgrades als Bewertungskriterium eignet sich beispielweise die Stufenfolge

- Zerschneidungsgrad (als *Erheblichkeitskriterium*)

Indikatoren dafür:

- A. Erhaltung von unzerschnittenen Flächen
- B. Länge zerschneidender Strecken und Reichweite von Störungen auf die Umgebung
- C. Überquerbarkeit von Barrieren und Veränderung der Nachbarschaftsverhältnisse
- D. Erreichbarkeit eines (Teil-)Lebensraumes von anderen Lebensräumen aus
- E. Einpassung in die Landschaft

Zerschneidungsmaße (Messgrößen) dafür:

- n_{UVR} (Zahl der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume)
- m_{eff} (effektive Maschenweite)
- l^* (Verkehrsnetzdichte)

Abb. 11.6 stellt die "Brückenfunktion" dieser Stufenfolge zwischen *Sein* und *Sollen* dar.

Der Zerschneidungsgrad bezieht sich auf eine bestimmte Region; auf einen einzelnen Eingriff lässt sich die *Erhöhung des Zerschneidungsgrades* beziehen. Auch die Wirkung mehrerer Eingriffe auf die Erhöhung der Zerschneidung kann – vor allem in der Plan-UVP – herangezogen werden. Eine detailliertere Betrachtung kumulativer Einwirkungen ist mit geeigneten Maßen für die "*landscape connectivity*" zu erwarten. Daher besteht ein nächster Schritt im Anschluss an die vorliegende Arbeit darin, entsprechende Indikatoren und Messgrößen für die "*strukturelle Eingriffsreichweite*" zu definieren als Maße für die Erheblichkeit eines zerschneidungswirksamen Eingriffs, die sich auf das Kriterium "*Reichweite der Wirkungen auf die Erreichbarkeit von (Teil-)Habitaten*" beziehen. Dieses Kriterium könnte beispielsweise ein Kennzeichen dafür sein, dass mehrere landschaftszerschneidende Eingriffe nicht getrennt als *Einzeleingriffe* betrachtet werden können, sondern miteinander verkoppelt sind, wenn sich nämlich ihre strukturellen Eingriffsreichweiten berühren oder überschneiden.

Von einer "Herleitung" der Maße D , S und m_{eff} einschließlich ihrer topologie-sensitiven Erweiterung (von Abschnitt 6.5 in der Langfassung) und ihrer normativen Relevanz lässt sich insofern sprechen, als sich die Entwicklung der Maße an den drei Indikatorenbereichen A. "*Erhaltung von unzerschnittenen Flächen*", B. "*Länge zerschneidender*

Strecken und Reichweite von Störungen auf die Umgebung" und C. *"Überquerbarkeit von Barrieren und Veränderung der Nachbarschaftsverhältnisse"* (vgl. Abschnitt 10.1) orientiert hat.

Der Begriff der "kritischen strukturellen Veränderungen" (vgl. Abschnitt 3.2 und 5.1.3 der Langfassung) kann bei unbekanntem Auswirkungen nicht umgesetzt werden. So ist die Unterschreitung von Minimalarealen nur dann als Kriterium anwendbar, wenn es gelungen ist, die Zusammenhänge zwischen Arealgröße und Überlebenswahrscheinlichkeit von Tierpopulationen zu ermitteln. Für eine *gefährdungsorientierte* Definition "kritischer struktureller Veränderungen" möchte ich daher folgende Vorschläge einbringen:

- a) *Kritische strukturelle Veränderungen* sind strukturelle Landschaftsveränderungen dann, wenn sie nicht mehr in jeder relevanten Hinsicht ausgeglichen werden können (in räumlicher Verbindung mit dem Eingriff).⁸⁵ Zu den relevanten Dimensionen zählen insbesondere die Erreichbarkeit der Teil-)Habitats bzw. der Zusammenhang von (Teil-)Graphen der Habitats (vgl. Keitt et al. 1997).
- b) *Kritische strukturelle Veränderungen* sind strukturelle Veränderungen dann, wenn *sprunghafte* Veränderungen der *"landscape connectivity"* auftreten (vgl. Anhang F.2 in der Langfassung).

Diese Vorschläge könnten als ein Ersatz dienen, solange die auswirkungsorientierte Bestimmung kritischer struktureller Veränderungen noch nicht ausreichend abgesichert ist.

11.10 Fazit und Ausblick

Als Ergebnis der Teile I und III kann festgehalten werden, dass einerseits aufgrund der "Tantalusprobleme" grundsätzliche Grenzen für die wirkungsorientierte Bewertung von Umwelteingriffen bestehen und dass es andererseits in der Eingriffsabwägung eine Reihe von Wirkungsbereichen gibt, in denen die Eingriffsfolgen unbekannt oder unsicher sind und – in wesentlichem Maße aufgrund ihrer Unsicherheit – in der Wahrnehmung der befragten Expertinnen und Experten als "nicht entscheidungsrelevant" gelten. Das Wissen über die Folgewirkungen ist in Bereichen wie Metapopulationsdynamik, Nahrungsnetze und kumulative Wirkungen in der Regel unpräzise und lückenhaft aufgrund prinzipieller Begrenzungen des wirkungsanalytischen Ansatzes (und nicht wegen mangelhafter Untersuchungsanforderungen der UVS). Gleichzeitig fehlt im begrifflichen Instrumentarium der Abwägung eine Differenzierung zwischen

⁸⁵ Das Kriterium der Ausgleichbarkeit gibt in solchen Situationen Anlass dazu, den Eingriff infrage zu stellen. Hier handelt es sich um eine *Schwelle*, somit um eine kritische strukturelle Veränderung der Landschaft (vgl. SRU 1994: 125ff Tz 245ff).

verschiedenen Arten von Unsicherheiten; potenzielle – aber schwer nachweisbare – Folgen im Bereich von Ungewissheit werden offenbar nicht ernstlich berücksichtigt. Angesichts der prinzipiellen Schwächen der wirkungsorientierten Bewertung erscheint ein solches Entscheidungsverfahren aus der Perspektive des Vorsorgeprinzips methodisch unvollständig, so dass die Spätfolgen, die Summenwirkungen und das Misslingen von Ausgleichsmaßnahmen bei der Eingriffsbilanzierung und der Festsetzung des Ausgleichs – insbesondere in der "Durchschnittslandschaft" – systematisch unterbewertet bzw. vernachlässigt werden.

Die heutige Situation bei der Erfassung und Beurteilung von ökologischen Gefährdungen durch Umwelteingriffe ist dadurch gekennzeichnet, dass die nach der UVP verbleibenden Unsicherheiten vor allem im Bereich der *ökologischen* Folgewirkungen liegen, während die *technischen* Aspekte des Eingriffes (Untergrundfestigkeit, Entwässerung, etc.) sehr gut bekannt und abgesichert sind. Berücksichtigung finden am ehesten solche ökologischen Wirkungszusammenhänge, die sich mit technischen Mitteln steuern oder (wieder-)herstellen lassen; unsichere, komplexe und nicht prognostizierbare Wirkungen dagegen haben als Argumente in der Eingriffsabwägung offensichtlich einen wesentlich geringeren Stellenwert.⁸⁶

Für die kontinuierliche Zunahme der Landschaftszerschneidung tragen sowohl die geringe Gewichtung von unsicheren Wirkungsbereichen als auch der Wille der Gesellschaft bei, neue Verkehrswege auch im Wissen um die Folgewirkungen anzulegen. Wie groß der Anteil dieser beiden Faktoren als Ursache für die zunehmende Zerschneidung, die immer wieder als "nicht änderbar" beurteilt wird, eingeschätzt werden muss, ist allein aus der Analyse der Interviews nicht bestimmbar. Deutlich geworden ist allerdings: Die Anforderungen des Risikobegriffs sind sehr oft nicht erfüllbar. Die gefor-

⁸⁶ In den Interviews beschreibt eine Person (aus der Gruppe "Naturschutz") diesen Zustand für das Thema der Landschaftszerschneidung aus ihrer Sicht so:

"Was nicht wiegt in diesen ganzen Entscheidungsprozessen, sind Hinweise auf komplexe Wechselwirkungen, schwierige Zusammenhänge und vor allem Dinge, die nicht lösbar sind. Und dazu gehört das Stichwort Zerschneidung. (...) Alles was technisch machbar ist, das lässt sich lösen, das wird im Planfeststellungsverfahren festgeschrieben, das wird mehr oder weniger auch gemacht. Aber die grundsätzlichen Probleme unserer Zeit in Sachen Naturschutz, Strukturänderungen der Landschaft (...): Diese Dinge sind nicht lösbar. Und da gehört der Zerschneidungseffekt eben auch dazu. Das ist ein Thema, wo man nur achselzuckend eigentlich gegenübersteht. (...) Und das bewirkt auch, dass Sie mit diesem Argument "Zerschneidung" (...) eigentlich gegen eine Mauer laufen. Wenn wir das als Stellungnahme vorbringen, dann heißt es, jagut, das wissen wir, dass das auftritt, das ist eben so. Gut, wir machen eine Fußgängerunterführung und eine Grünbrücke mehr – die Zeit ist übrigens auch vorbei mit Grünbrücken und dergleichen, da fehlt einfach das Geld (...). Heute werden billige Lösungen gemacht, damit geht's als erstes wieder an solche Dinge: 'Zerschneidungseffekt – nagut, ist halt nicht änderbar'." (Nsch.-50:48)

Diese Einschätzung der heutigen Situation illustriert, dass für das Ziel einer Wende des Trends neue Ideen und Konzepte benötigt werden, wie sie z.B. in der vorliegenden Arbeit diskutiert werden.

derden Wirkungsanalysen in der UVS entsprechen einem theoretischen Konzept, welches zwar durch theoretische Überlegungen gut begründet ist, gegenüber der früheren Situation (ohne UVS) einen großen Fortschritt darstellt und auf den damals gesammelten Erfahrungen basiert, das aber in der Praxis heute nur teilweise umgesetzt wird und aufgrund der "Tantalusprobleme" niemals vollständig erfüllt werden kann. Dieses *Umsetzbarkeitsdefizit* betrifft insbesondere die kumulativen Wirkungen von Umwelteingriffen und hat – wie die Interviewergebnisse gezeigt haben – Konsequenzen für die Umweltbelastung: In der Summe kommt es letztlich zu einer stetigen Verschlechterung der Umweltqualität, vor allem in den Bereichen Biodiversität, Verlärmung, Landschaftsbild und Erholungseignung (vgl. auch SRU 2000). Daher kann es keine Lösung sein, sich mit der bestehenden Situation abzufinden, sondern es werden Instrumente benötigt, um die Zerschneidung in der "Ökobilanzierung" für Landschaftseingriffe angemessen zu berücksichtigen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Ansatz verfolgt, die Blickrichtung umzukehren, d.h. *von dem Befund der Schwierigkeiten* in der Praxis mit der Wirkungsorientierung und mit der Analyse von funktionalen Beziehungen *auszugehen* und nach den Konsequenzen daraus für die Theorie zu fragen: d.h. nach theoretischen Konzepten zu suchen, welche diese Schwierigkeiten in der Praxis ernstnehmen und entsprechende neue Vorschläge entwickeln. Wenn die Anpassung der Praxis an eine bestehende Theorie offensichtlich nicht möglich ist – weil UVPS bezahlbar bleiben müssen und eine vollständige Wirkungsanalyse auch prinzipiell nicht geleistet werden kann – (und dieses Umsetzbarkeitsdefizit negative Folgen hat), dann muss die Tauglichkeit der Theorie hinterfragt und nach besser geeigneten oder ergänzenden Konzepten gesucht werden.

Wie es das Beispiel des Gefährdungskonzepts vorschlägt, sollte man dabei nach den *Bedingungen* für Umweltveränderungen fragen und sich insbesondere auch an dem Ausmaß der bestehenden Ungewissheit orientieren. Zusammenfassend ergeben sich folgende Erfordernisse:

- Man sollte zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheit unterscheiden, denn für jede Art von Unsicherheit ist im allgemeinen ein anderer Umgang angemessen (Jaeger 2000c). Umwelteingriffe führen häufig in die Unsicherheitsbereiche von "Unbestimmtheit" und "Unsicherheit i.e.S."; entsprechend der jeweiligen Art von Unsicherheit kann z.B. zwischen den Begriffen "Risikofaktor" und "Gefährdungsfaktor" unterschieden werden (Jaeger 1998).
- Es gibt eine Vielzahl von Unsicherheiten, für deren Bewertung man sich von der Wirkungsorientierung und vom Risikobegriff lösen sollte. Es besteht sonst die Gefahr, dass sie in der Praxis weiterhin als "Spekulationen" außer Acht gelassen werden. Für den Umgang mit Unsicherheiten müssen andere, gefährdungsorientierte Argumente im Entscheidungsprozess anerkannt werden.

- Für Umweltgefährdungen sollte man die Bewertung vorverlagern auf eine den Auswirkungen vorgeordnete Ebene (z.B. Exposition und Konfiguration) und dafür geeignete Kriterien entwickeln. Beispiele für solche Kriterien sind:
 - Reichweite von Umweltchemikalien (Scheringer et al. 1994, Scheringer und Berg 1994, Scheringer 1997a, 1999),
 - regionspezifische Ausbreitungsindizes von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen (Ammann et al. 1996, SRU 1998: 284 ff Tz 813ff),
 - Eingriffstiefe technischer Verfahren (Gleich 1988),
 - enge Kopplungen und komplexe Verknüpfungen in technischen und organisatorischen Systemen (Perrow 1984),
 - zivilisatorisch-technische Durchdringung der Landschaft (Ewald 1978),
 - Kriterium der *Disposition* sowie der *Herabsetzung der landscape connectivity* zur Bewertung struktureller Landschaftsveränderungen (Jaeger 2001b).
- Die Entwicklung weiterer Bewertungskriterien könnte sich an der Reversibilität oder Revidierbarkeit von Eingriffen und Entscheidungen sowie an der Leitidee der Fehlerfreundlichkeit (C. u. E.U. von Weizsäcker 1984, 1986) orientieren.

Im Einzelnen lassen sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit für die weiteren Arbeitsschritte zur praktischen Lösung des Problems der fortschreitenden Landschaftszerschneidung die folgenden Vorschläge ableiten:

- *Erfolgskontrollen für die Eingriffsfolgen und die Ausgleichsmaßnahmen*: Wünschenswert ist eine bessere Erfassung der tatsächlichen Folgen des Eingriffs und der Ausgleichsmaßnahmen, wobei die dafür erforderlichen Monitoring-Maßnahmen quasi als *Ausgleich für die bestehenden Ungewissheiten*⁸⁷ zu ergreifen sind (als Ausgleich für die Unsicherheit solange, bis genügend Sicherheit gewonnen wurde, ob ein weiterer Ausgleich noch nötig ist oder nicht).
- *Nachbesserungsverpflichtung*: Es sollte eine Nachbesserungspflicht für nachträglich festgestellte Schäden verankert werden, um auf diesem Weg die Verantwortung zumindest für die nachträglich erkannten Folgen zu erlangen. Diese Verpflichtung könnte mit einer Versicherungspflicht für unerwartete Folgen verbunden werden.
- *Netzbetrachtungen*: Neben der UVP für die Einzeleingriffe ist eine UVP für die Summenwirkungen erforderlich, z.B. als Plan-UVP.
- *Verschlechterungsverbot für den Stand der "landscape connectivity"*: Die funktionalen Betrachtungen sollten vertieft werden. Insbesondere werden zuverlässige Maße für die "landscape connectivity" benötigt. Als ein nachhaltig zu sichernder Aspekt des Naturhaushaltes dürfte die "landscape connectivity" nicht mehr weiter herabgesetzt werden, sondern sie sollte kontinuierlich *gestärkt* werden.

⁸⁷ D.h. als „Ausgleich“ für die bestehende "Kluft zwischen Reichweite der Wirkungen und Reichweite des Folgenwissens" (vgl. Abschnitt 9.3.2 q. der Langfassung).

- *Leitbildorientierte Planung statt bedarfsorientierter Planung*: Nachhaltigkeit bedeutet u.a., dass Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung nicht beliebig weiter fortgesetzt werden können. Daher sollten Zielvorstellungen entwickelt werden, wie künftige nachhaltige Verkehrssysteme aussehen könnten und welche Umbauszenarien sich im Sinne eines "backtracking" daraus ableiten lassen. Entsprechend sollte die Verkehrsplanung von der Nachfrageorientierung auf eine Zielorientierung umgestellt werden.⁸⁸ Diese Überlegungen betreffen auch die Siedlungsentwicklung. Erste Vorschläge für solche Umbauszenarien für eine urbane Region im Schweizer Mittelland finden sich in Baccini und Oswald (1998).
- *Finanzierung der Nachbesserungsmaßnahmen für Summenwirkungen aus der Mineralölsteuer*: Folgen, die sich keinem bzw. mehreren Einzeleingriffen als ihre Ursache zurechnen lassen, sollten zukünftig durch Maßnahmen behoben oder gemindert werden, deren Kosten über die Mineralölsteuer allen Verkehrsteilnehmern/-innen anzulasten sind (d.h. entsprechend ihrer Fahrleistung).
- *Einstufung von UVR als Schutzgut*: Beschreibung und Anerkennung von UVR als Schutzgut (vgl. Waterstraat et al. 1996, Grau 1998), da sie ein gefährdetes Landschaftspotenzial beschreiben (Potenzial v.a. als Lebensräume für Tiere und als ruhige Erholungsräume für Menschen).
- *Einführung von Grenzwerten oder Zielwerten für die Landschaftszerschneidung*: Das Instrumentarium für die Festlegung von Grenz- oder Zielwerten sollte entsprechend den verschiedenen Planungsebenen entwickelt werden. In mehreren Pilotprojekten sollte überprüft werden, ob sich eher Zielwerte oder Grenzwerte für das Erreichen einer Trendwende in der Landschaftszerschneidung eignen. Ausgehend von diesen Pilotprojekten könnten immer mehr Gebiete im Sinne einer "Leopardenfellstrategie" (Rosa 1988) zu einem „Trendwende-Netz“ zusammengeschlossen werden.
- *Quantitative Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Aufhebungen von Zerschneidungen* (mit dem Ziel einer Begrenzung der Umweltgefährdung).
- *Erstellung von Zerschneidungskarten*: Eine Darstellung des Zerschneidungsgrades in Karten kann die Gefährdungssituation durch Farbabstufungen verdeutlichen und ermöglicht die Identifikation von sensiblen Bereichen, die durch weitere Zerschneidungen besonders gefährdet sind. Der Vergleich von Gebieten mit vergleichbarer naturräumlicher Ausstattung und ähnlicher Besiedlungsdichte führt zur Ermittlung typischer Wertebereiche der Zerschneidungsmaße in verschiedenen Arten von Räumen, die als Orientierung bei der Aufstellung von Zielwerten dienen können.
- *Arten-Zerschneidungsgrad-Korrelationen*: Falls es gelingt, empirische Korrelationen zwischen der Artenzahl und den Werten der Zerschneidungsmaße nachzuweisen, so

⁸⁸ Vgl. z.B. Schnüll (1998) sowie Kurz (1998).

könnte sich die Festlegung von Richt- und Zielwerten für die Landschaftszerschneidung auch an landschaftsspezifischen Zielarten orientieren.

- *Moratorium in der Landschaftszerschneidung*: Um die Langfristfolgen und Summenwirkungen der bisherigen Zerschneidungen zu untersuchen und weitere unbeabsichtigte irreversible Artenverluste und Lebensraumentwertungen zu vermeiden, wäre ein Moratorium für weitere Zerschneidungen eine sinnvolle Maßnahme.

Die praktische Relevanz der neuen Zerschneidungsmaße D , S und m_{eff} wird sich vor allem auch in der *Plan-UVP* erweisen. Da die Plan-UVP mit den "Tantalusproblemen" und den Grenzen von Wirkungsanalysen in besonderem Maße konfrontiert sein wird, ist gerade hier das Konzept der Umweltgefährdung von Bedeutung: Die Bilanzierungen werden von den Auswirkungen umso mehr auf die Ebene der Umweltgefährdung vorverlagert werden müssen, je größer die verbleibenden Unsicherheiten über Langfristfolgen und Summenwirkungen sind. Hierzu zählt dann auch die Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Aufhebungen von Zerschneidungen hinsichtlich des Zerschneidungsgrades.

Ein zweiter wichtiger Bereich für die praktische Anwendung der neuen Maße ist die Aufstellung von *Landschaftsleitbildern*: Zur Konkretisierung der Leitbilder bietet sich die Aufnahme von Orientierungswerten oder Zielwerten für die Landschaftszerschneidung an.

Literaturverzeichnis

- ALBRECHT, U., und A.-K. PANTLI (1996): *Leitfaden zur sprachlichen Gleichbehandlung im Deutschen*. Herausgegeben von der Schweizerischen Bundeskanzlei, Bern.
- AMMANN, K., JACOT, Y., und P. RUFENER AL MAZYAD (1996): Field release of transgenic crops in Switzerland: an ecological risk assessment of vertical gene flow. – In: SCHULTE, E., und O. KÄPPELI (Hrsg.): *Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft?* Band I (Materialien). Bats, Basel: 101–157.
- Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen e.V. (1978): *Umweltforum 1978. Grenzen des Landschaftsverbrauchs*. Stenographisches Protokoll und Abschlußbericht des 6. Umweltforums. Schriftenreihe Nr. 13 und 16; Bonn.
- Arbeitskreis Straßen im VCD-Kreisverband Ludwigsburg (Hrsg.) (1996): Positionspapier Oasen-Konzept: Vision 2020. Hrsg. vom Verkehrsclub Deutschland (VCD). Autor: T. WOLF. Selbstverlag, Ludwigsburg (erhältlich beim VCD, Anschrift: Postfach 841, D-71608 Ludwigsburg, Tel./Fax: +49 / 7145 / 900078), 20 S.
- ARL (Akademie für Raumforschung und Landesplanung) (1995): Eckpunktepapier der Ad-hoc-Arbeitsgruppe "Überprüfung des Raumordnungsrechts", *siehe* Eckpunktepapier.
- ARNOLD, G.W., STEVEN, D.E., WEELDENBURG, J.R., und E.A. SMITH (1993): Influences of remnant size, spacing pattern and connectivity on population boundaries and demography in euros *Macropus robustus* living in fragmented landscape. – *Biological Conservation* **64**: 219–230.
- BACCINI, P., und F. OSWALD (Hrsg.) (1998): *Netzstadt: Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme*. Vdf Hochschulverlag Zürich.
- BACHFISCHER, R. (1978): *Die ökologische Risikoanalyse. Eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in die Raumplanung*. Diss. Techn. Univ. München.
- BARDECKI, M.J. (1990): Coping with cumulative impacts: An assessment of legislation and administrative mechanisms. – *Impact Assessment Bulletin* **8**: 319-344.
- BAUDRY, J., und F. BAUDRY-BUREL (1982): La mesure de la diversité spatiale. Relations avec la diversité spécifique. Utilisation dans les évaluations d'impact. – *Acta OEcologica, OEcolog. Applic.* **3**: 177–190.
- Baulandbericht: *siehe* Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- BECK, O. (1956): Oasen der Ruhe für den Wanderer. – *Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege BW* **24**: 72–79.
- BECK, U. (1986): *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- BECK, U. (1988): *Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

- BERG, M., und M. SCHERINGER (1994): Problems in environmental risk assessment and the need for proxy measures. – *Fresenius environmental bulletin* **3**: 487–492.
- BERGER, P.L., und T. LUCKMANN (1969): *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie*. S. Fischer, Frankfurt/Main.
- BIRR, M. (1980): Vorschläge zur Bewertung von Umwelteinwirkungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung. – *Natur und Landschaft* **55**: 299–303.
- BIZER, K., und E. BERGMANN (1998): Steuerung der Flächeninanspruchnahme über preisliche Anreize. – *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* **11** (3/4): 358–377.
- BLAB, J. (1990): Die roten Listen werden länger – warum? – In: ELLENBERG, H. (Hg.): *Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz?* – Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte **2** (1): 42–45 (2. Aufl.).
- BOHR, N. (1931): *Atomtheorie und Naturbeschreibung*. Springer, Berlin.
- BOHR, N. (1933): Licht und Leben. – *Die Naturwissenschaften* **21** (13): 245–250.
- BORCHERDT, C. und S. KUBALLA (1985): *Der „Landverbrauch“ – seine Erfassung und Bewertung, dargestellt an einem Beispiel aus dem Nordwesten des Stuttgarter Verdichtungsraumes*. Stuttgarter Geographische Studien 104, Geographisches Institut der Universität Stuttgart, Stuttgart.
- BÖSCHEN, S., JAEGER, J., & M. SCHERINGER (einger.): *Wozu Umweltforschung? – Über das Spannungsverhältnis zwischen Forschungstraditionen und umweltpolitischen Leitbildern. Eingereicht bei GAIA*.
- BOWEN, G.W., und R.L. BURGESS (1981): *A quantitative analysis of forest island pattern in selected Ohio landscapes*. – ORNL Environmental Sciences Division, Publication No. 1719, ORNL/TM-7759, Oak Ridge, TN.
- BRENNER, J., PAULS, K., und M. STEIERWALD (2001): Abschlussbericht zum Projekt „Integrierte Wirtschafts- und Mobilitätskonzepte für Refugien im Rahmen nachhaltiger Entwicklung.“ Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung, (erscheint im Frühjahr 2001).
- BROOKER, L., BROOKER, M., und P. CALE (1999): Animal dispersal in fragmented habitat: measuring habitat connectivity, corridor use, and dispersal mortality. – *Conservation Ecology* [online] **3** (1): 4 (Internet-URL: <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art4>).
- BUCHWALD, K. (1956): *Gesundes Land - gesundes Volk. Ein Beitrag zum Gesundheits- und Erholungsproblem*. – *Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege BW* **24**: 56–71.
- BUND/MISEREOR (Hrsg.) (1996): *Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Birkhäuser, Basel.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.) (1999): *Daten zur Natur 1999*. Landwirtschaftsverlag, Bonn.
- Bundesminister des Innern (Hrsg.) (1985): *Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung*. Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985. Kohlhammer, Stuttgart.

- Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR) (1993): *Verkehrspolitisches Handlungskonzept für den raumordnungspolitischen Orientierungsrahmen*. Expertise für das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Materialien zur Raumentwicklung, Heft 60. Bearbeiter: W. ROTHENGATTER und N. SIEBER. Selbstverlag, Bonn.
- Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.) (1993): *Baulandbericht 1993*. Bonn.
- Bundesministerium für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2000): *Baulandbericht 2000*. (Berichte 7) Bonn.
- CLIFF, A.D., und J.K. ORD (1973): *Spatial Autocorrelation*. Pion, London.
- CLIFF, A.D., und J.K. ORD (1981): *Spatial Processes. Models and applications*. Pion, London.
- COCKLIN, C., PARKER, S., und J. HAY (1992): Notes on cumulative environmental change II: a contribution to methodology. – *Journal of environmental management* **35**: 51–67.
- DEGGAU, M., KRACK, E., RADEMACHER, W., SCHMID, B., und H. STRALLA (Statistisches Bundesamt Wiesbaden) (1992): *Methodik der Auswertung von Daten zur realen Bodennutzung im Hinblick auf den Bodenschutz*. Teilbeitrag zum Praxistest des Statistischen Informationssystems zur Bodennutzung (STABIS). – Hrsg. vom Umweltbundesamt, Berlin.
- DEMERS, M.N., SIMPSON, J.W., BOERNER, R.E.J., SILVA, A., BERNS, L. und F. ARTIGAS (1995): Fencerows, edges, and implications of changing connectivity illustrated by two contiguous Ohio landscapes. – *Conservation Biology* **9** (5): 1159–1168.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1997): *Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen*. Zwischenbericht der Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages. Zur Sache 1/97. Selbstverlag, Bonn.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1998): *Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung*. Abschlußbericht der Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages. BT-Drucksache 13/11200. Zur Sache 4/98. Selbstverlag, Bonn.
- DIERßEN, K., und H. RECK (1998): Konzeptionelle Mängel und Ausführungsdefizite bei der Umsetzung der Eingriffsregelung im kommunalen Bereich. Teil A: Defizite in der Praxis. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* **30**: 341–345.
- DOAK, D.F., MARINO, P.C., und P.M. KAREIVA (1992): Spatial scale mediates the influence of habitat fragmentation on dispersal success: implications for conservation. – *Theoretical population biology* **41**: 315–336.
- DÜRRENBARGER, G. (1994): Klimawandel – eine Herausforderung für Wissenschaft und Gesellschaft. – In: *Bulletin - Magazin der ETH Zürich*. Nr. 253, April 1994: 20–22.
- Eckpunktepapier (1995): Eckpunktepapier der Ad-hoc-Arbeitsgruppe "Überprüfung des Raumordnungsrechts" der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) vom 1.7.1995 (erhältlich bei der ARL, D-30161 Hannover, Hohenzollernstr. 11).
- EICHHORST, U. und R. GERMAN (1974): Zerschneidung der Landschaft durch das Straßennetz im Regierungsbezirk Tübingen. – *Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspf. BW* **42**: 66–84.

- Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" (1997): *Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen*. Zwischenbericht der Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages. Hrsg. vom Deutschen Bundestag. Zur Sache 1/97. Selbstverlag. Bonn.
- Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung" (1998): *Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung (Abschlußbericht)*. Hrsg. vom Deutschen Bundestag. BT-Drucksache 13/11200. Zur Sache 4/98. Selbstverlag. Bonn.
- ESFELD, M. (1998): Komplementarität von Rationalitätstypen? Apel und Bohr. – *Prima philosophia* **11**: 283–292.
- EWALD, K.C. (1978): *Der Landschaftswandel – Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert*. – In: Tätigkeitsberichte der naturforschenden Gesellschaft Baselland, Bd. 30: 55–308. (= Berichte der Eidgen. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Nr. 191)
- EWALD, K.C. (1997): Die Natur des Naturschutzes im landschaftlichen Kontext - Probleme und Konzeptideen. – *GAIA* **6**: 253–264.
- FLICK, U. (1995): *Qualitative Forschung. Theorie, Methoden, Anwendung in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Rowohlt, Reinbek.
- FORMAN, R.T.T. (1995): *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge (GB).
- FRITZ, G. (1976): Naturpark und Verkehrsnetz. – *Natur und Landschaft* **51**: 137–139.
- FROHN, R.C. (1998): Remote Sensing for Landscape Ecology. New Metric Indicators for Monitoring, Modeling, and Assessment of Ecosystems. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Generalverkehrsplan Baden-Württemberg (1995): *siehe* Verkehrsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (1995)
- GEOGHEGAN, J., WAINGER, L.A., und N. BOCKSTAEL (1997): Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS. – *Ecological Economics* **23**: 251–264.
- GILL, B., BIZER, J., und G. ROLLER (1998): *Risikante Forschung: zum Umgang mit Ungewißheit am Beispiel der Genforschung in Deutschland*. Edition sigma, Berlin.
- GILPIN, M., und I. HANSKI (Hrsg.) (1991): Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations. – *Biological Journal of the Linnean Society* **42**. Academic Press, London.
- GLEICH, A. v. (1988): Werkzeugcharakter, Eingriffstiefe und Mitproduktivität als zentrale Kriterien der Technikbewertung und Technikwahl. – In: RAUNER, F. (Hrsg.): *"Gestalten" - eine neue gesellschaftliche Praxis*. Verlag Neue Gesellschaft, Bonn: 115–147.
- GLEICH, A. v. (1989): *Der wissenschaftliche Umgang mit der Natur. Über die Vielfalt harter und sanfter Naturwissenschaften*. Campus, Frankfurt/Main.

- GLEICH, A.v. (1997a): Ökologische Kriterien der Technik- und Stoffbewertung. – In: WESTPHALEN, R. Graf v.: *Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe*. 3. Auflage. R. Oldenbourg, München: 499–570.
- GLEICH, A.von (1997b): *Biologie als Technologie? Über den wissenschaftlichen und technischen Umgang mit der belebten Natur*. Manholt, Bremen.
- GORKE, M. (1999): *Artensterben. Von der ökologischen Theorie zum Eigenwert der Natur*. Klett-Cotta, Stuttgart.
- GRAU, S. (1997): *Konzeption und Methoden zur Erfassung sowie Bewertung der Landschaftszerschneidung im Land Sachsen-Anhalt – dargestellt unter Verwendung eines Geographischen Informationssystems am Beispiel des Landkreises Wernigerode*. Diplomarbeit am Institut für Geographie der Univ. Halle (erhältlich bei Dipl.-Geogr. Stephanie Grau, Förstgener Str. 9, D-02906 Tauer).
- GRAU, S. (1998): Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands. – *Natur und Landschaft* **73**: 427–434.
- GRUEHN, D. (1998): Zur Berücksichtigung der Belange von Naturschutz und Landschaftspflege in der Flächennutzungsplanung. Teilergebnisse eines F+E-Vorhabens. – *Natur und Landschaft* **73**: 170–174.
- GUSTAFSON, E.J., und G.R. PARKER (1992): Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. – *Landscape ecology* **7**: 101–110.
- GUSTAFSON, E.J., und R. GARDNER (1996): The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. – *Ecology* **77** (1): 94–107.
- GUSTAFSON, E. (1998): Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? – *Ecosystems* **1**: 143–156.
- HABER, W. (1993a): Von der ökologischen Theorie zur Umweltplanung. – *GAIA* **2** : 96–106.
- HABER, W. (1993b): *Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes*. Economica, Bonn.
- HÄBERLI, R. (1992): Ergebnisse NF Boden. Das Nationale Forschungsprogramm -NF- "Boden" ist abgeschlossen - die wichtigsten Ergebnisse. – *Schweizer Ingenieur und Architekt* **110** Nr. 25: 515–521.
- HAINES-YOUNG, R., und M. CHOPPING (1996): Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. – *Progress in physical geography* **20**: 418–445.
- Handlungskonzept "Naturschutz und Verkehr" der Umweltministerkonferenz (1992): *siehe* LANA (1995).
- HANSKI, I., und M. GILPIN (1991): Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. – *Biological Journal of the Linnean Society* **42**: 3–16.
- HARGIS, C.D., BISSONETTE, J.A., und J.L. DAVID (1998): The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. – *Landscape ecology* **13**: 167–186.
- HELTEN, E. (1991): Ökologische Risiken und Versicherungsmöglichkeiten. – *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* **4**: 122–125.

- HENNIG, C. (1993): *Von Genua bis Portovenere: Cinque Terre und die ligurische Küste*. 6. Aufl., Oase Verlag, Badenweiler.
- HILLMANN, K.-H. (1994): *Wörterbuch der Soziologie*. 4. Auflage, Kröner Verlag, Stuttgart.
- HÖFFE, O. (1975): *Strategien der Humanität. Zur Ethik öffentlicher Entscheidungsprozesse*. Alber, Freiburg und München; ²1985 Suhrkamp, Frankfurt/Main.
- HÖFFE, O. (1993): *Moral als Preis der Moderne. Ein Versuch über Wissenschaft, Technik und Umwelt*. Suhrkamp stw 1046, Frankfurt/Main.
- Informationszentrum RAUM und BAU (IRB) der Fraunhofer-Gesellschaft (1987 / 1989 / 1993 / 1997): *Landschaftsverbrauch*. Stuttgart. Band 1 (IRB-Literaturauslese Nr. 1259), 1. Auflage 1987, Zeitraum 1978-1986; Band 2 (IRB-Literaturauslese Nr. 2947), 1. Aufl. 1989, Zeitraum 1986-1989; 2. Aufl. 1993, Zeitraum 1988-1992; 3. Aufl. 1997, Zeitraum 1991-1996.
- Informationen zur Raumentwicklung (1993): Nr. 1/2 (1993): Themenheft "Flächen sparen und Boden schonen. Strategien und Handlungsansätze.": 1-115.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL) (1977): Tierwelt und Straße. Problemübersicht und Planungshinweise. – In: ERZ, W. (Hrsg.): *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* **26**: 91-115.
- JAEGER, J. (1992): *Einige Gedanken zum Heisenbergschnitt und zum Tensorierungsproblem der Quantenmechanik*. Diplomarbeit in theoretischer Physik, ETH Zürich.
- JAEGER, J. (1998): Exposition und Konfiguration als Bewertungsebenen für Umweltgefährdungen. – *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* **11** (3/4): 444-466.
- JAEGER, J. (1999): Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung. Diss ETH Zürich Nr. 13503 (Departement für Umweltnaturwissenschaften), 619 S.
- JAEGER, J. (2000a): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. – *Landscape ecology* **15** (2): 115-130.
- JAEGER, J. (2000b): Vom "ökologischen Risiko" zur "Umweltgefährdung": Einige kritische Gedanken zum wirkungsorientierten Risikobegriff. – In: BRECKLING, B., und F. MÜLLER (Hrsg.): *Der ökologische Risikobegriff*. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie vom 4.-6. März 1998. Peter Lang, Frankfurt/Main: 203-216.
- JAEGER, J. (2000c): Zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheit bei der Bewertung von Landschaftseingriffen. – In: JAX, K. (Hrsg.): *Funktionsbegriff und Unsicherheit in der Ökologie*. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie vom 10.-12. März 1999. Peter Lang, Frankfurt/Main (im Druck).
- JAEGER, J. (2000d): Über den Bedarf, verschiedene Arten von Unsicherheit zu unterscheiden. Eine empirische Untersuchung zum Umgang mit Unsicherheit bei der Eingriffsbewertung. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* **32**(7): 204-212.
- JAEGER, J. (2001a): Beschränkung der Landschaftszerschneidung durch die Einführung von Grenz- oder Richtwerten. – *Natur und Landschaft* **76**(1): 26-34.

- JAEGER, J. (*eingereicht*): Application of the new measures landscape division, splitting index, and effective mesh size: Two case studies. – Eingereicht bei *Landscape ecology*.
- JAEGER, J. (2001b): Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung und die Einbeziehung räumlich-funktionaler Zusammenhänge. In: F. Jopp und B. Breckling (Hrsg.): *Rolle und Bedeutung von Modellen für den ökologischen Erkenntnisprozess*. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie vom 1.–3. März 2000. Peter Lang, Frankfurt/Main (*im Druck*).
- JAEGER, J., ESSWEIN, H., SCHWARZ-VON RAUMER, H.-G., und M. MÜLLER (*eingereicht*): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg – Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zerschneidungsanalyse. – Eingereicht bei *Natur und Landschaft*.
- JAEGER, J. (*in Vorb.*): Landscape fragmentation and relative patch position: a topology-sensitive extension of the fragmentation measures D , S , and m (*in Vorbereitung für Landscape Ecology*).
- JAEGER, J., und M. SCHERINGER (1998): Transdisziplinarität: Problemorientierung ohne Methodenzwang. – *GAIA* 7 (1): 10–25.
- JAEGER, J., und M. SCHERINGER (1999): Wofür steht Transdisziplinarität? – Kritische Anmerkungen zur "Managementperspektive". – *GAIA* 8 (1): 5–7.
- JAEGER, J., und M. SCHERINGER (2000): Transdisciplinarity – just a buzzword? Overcoming some popular objections to transdisciplinary research. – In: HÄBERLI, R., SCHOLZ, R.W., BILL, A., und M. WELTI (Hrsg.): *Transdisciplinarity: Joint Problem-solving among science, technology and society*. Proceedings of the international transdisciplinarity 2000 conference; Workbook I. Haffmans Sachbuch Verlag, Zürich: 259–262.
- JAKUBOWSKI, P., TEGNER, H., und S. KOTTE (1997): *Strategien umweltpolitischer Zielfindung: Eine ökonomische Perspektive*. LIT Verlag, Münster (= Umwelt- und Ressourcenökonomik, Band 10).
- JOHANSSON, K. (1995): Fragmentation index as a region based GIS operator. – *International journal of geographical information systems* 9 (2): 211–220.
- JONAS, H. (1978): *Das Prinzip Verantwortung*. Insel, Frankfurt/Main.
- KAPPLER, O. (1997): GIS-gestützte Verfahren zur Ausgrenzung und Bewertung von unzerschnittenen und störungsarmen Landschaftsräumen für Wirbeltierarten und -populationen mit großen Raumansprüchen. – In: KRATZ, R., und F. SUHLING (Hrsg.): *Geographische Informationssysteme im Naturschutz: Forschung, Planung, Praxis*. Westarp-Wissenschaften, Magdeburg: 77–94.
- KEITT, T.H., URBAN, D.L., und B.T. MILNE (1997): Detecting critical scales in fragmented landscapes. – *Conservation ecology* [online] 1 (1): 4 (Internet-URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4>).
- KLAUS, G. (2000): Zerschnittene Lebensräume wieder verbinden. Die Schweiz auf dem Weg zu einer naturverträglichen Strassenplanung? *Neue Zürcher Zeitung*, Nr. 201 vom 30. August 2000, S. 69.
- KNAUER, N., und H. WOLTER (1980): Ökologische Auswirkungen des Straßennetzes – dargestellt am Beispiel von Schleswig-Holstein. – *Forstarchiv* 51: 250–255.

- KNOEPFEL, P., ACKERMANN, D., und W. ZIMMERMANN (1996): *Bilanzstudie Bodenpolitik 1990 bis 1995*. Cahier de l'IDHEAP no 162, herausgegeben vom Institut de hautes études en administration publique (IDHEAP), Chavannes-près-Renens, und vom WWF Schweiz, Zürich.
- KRACK-ROBERG, E., RIEGE-WCISLO, W., und A. WIRTHMANN (1995): *Konzept einer Gesamtrechnung für Bodennutzung und Bodenbedeckung*. (= Beiträge zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung, Heft 4). Abschlußbericht des Statistischen Bundesamtes als Beitrag zur Arbeitsgruppe "Physical Environmental Accounting", Untergruppe "Land use / Land cover" der Konferenz Europäischer Statistiker. UGR-Materialien, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- KURZ, R. (1998): Nachhaltige Entwicklung als gesellschaftliche und wirtschaftliche Herausforderung. – *Der Bürger im Staat* **48** (2): 66–72.
- LAMNEK, S. (1989): *Qualitative Sozialforschung. Band 2: Methoden und Techniken*. Psychologie Verlags Union, München und Weinheim.
- LAMBRECHT, H. (1998): Der Vollzug des Vermeidungsgebotes der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung – Grundlagen, offene Fragen und Perspektiven am Beispiel des Straßenbaus. – *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* **11**: 167–185.
- Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) (1995): *Beschlüsse "Naturschutz und Verkehr": Handlungskonzept "Naturschutz und Verkehr" auf der Grundlage der Lübecker Grundsätze des Naturschutzes der LANA und der Beschlüsse von Krickenbeck/Nettetal*. Hrsg. vom Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- LANGER, H., ALBERT, G., und A. HOPPENSTEDT (1981): *Diskussion einer Bilanzierung von "Landschaftsverbrauch" – Begriffsinhalte und Bilanzierungsansätze*. Studie im Auftrage des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (Materialien 25), München.
- LASSEN, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. – *Natur und Landschaft* **54**: 333–334.
- LASSEN, D. (1987): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland. – *Natur und Landschaft* **62**: 532–535.
- LASSEN, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² – eine Ressource für die ruhige Erholung. – *Natur und Landschaft* **65**: 326–327.
- LEHNES, P. (1994a): Zur Problematik von Bewertungen. – *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* **23**: 421–426.
- LEHNES, P. (1994b): Probleme der eindeutigen Ermittlung von Ausdehnung, Dauer und Schwere einer Umweltschädigung. – In: SPIEKER, H. (Hrsg.): *Der Rechtsfortbildungsprozeß zum Schutz der Umwelt im bewaffneten Konflikt*. Bochumer Schriften zur Freidenssicherung und zum Humanitären Völkerrecht, Bd. 22.
- LEHNES, P., und J.W. HÄRTLING (1997): Der logische Aufbau von Umweltzielsystemen. Zielkategorien und Transparenz von Abwägungen am Beispiel der "nachhaltigen Entwicklung". – In: Gesellschaft für UmweltGeowissenschaften (UGG) in der Deutschen Geo-

- logischen Gesellschaft (DGG). Schriftleitung: M. HUCH und H. GELDMACHER (Hrsg.): *Umweltqualitätsziele. Schritte zur Umsetzung*. Springer, Berlin.
- LI, H., und J.F. REYNOLDS (1993): A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. – *Landscape Ecology* **8** (3): 155–162.
- MADER, H.-J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. – *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Heft 19. Bonn.
- MADER, H.-J., und G. PAURITSCH (1981): Nachweis des Barriere-Effektes von verkehrsarmen Straßen und Forstwegen auf Kleinsäugeter der Waldbiozönose durch Markierungs- und Umsetzungsversuche. – *Natur und Landschaft* **56**: 451–454.
- MCGARIGAL, K., und B.J. MARKS (1995): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. General Technical Report PNW-GTR-351. – U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, OR.
- MEIER, H. (1997): Koordination von Eingriffsregelung und Umweltverträglichkeitsprüfung in Niedersachsen. Aufgaben und Handlungsstrategien der Naturschutzverwaltung im Spannungsfeld zwischen Umweltvorsorge und Verfahrensbeschleunigung. Dissertation Univ. Hannover.
- MEYER-ABICH, K.M. (1965): *Korespondenz, Individualität und Komplementarität. Eine Studie zur Geistesgeschichte der Quantentheorie in den Beiträgen Niels Bohrs*. F. Steiner Verlag, Wiesbaden.
- MEYER-ABICH, K.M. (1967): Komplementarität. – In: RITTER, J., und K. GRÜNDER (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Schwabe, Basel: 933–934.
- MICHAEL, R. (1992): Übermobilisierung kein Naturgesetz. – *Politische Ökologie* **10** (Heft 29/30): 61–66.
- MITTELSTRAß, J. (1992): Auf dem Wege zur Transdisziplinartät. – *GAIA* **1**: 250.
- MÜLLER, D., PERROCHET, S., FAIST, M., und J. JAEGER (1998): Ernähren und Erholen mit knapper werdender Landschaft. – In: BACCINI, P., und F. OSWALD (Hrsg.): *Netzstadt: Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme*. Vdf Hochschulverlag Zürich, Zürich: 28–59.
- MÜLLER-HEROLD, U. (1995): Vom Sinn im Zufall: Überlegungen zu Wolfgang Paulis «Vorlesung an die fremden Leute». – In: ATMANSPACHER, H., PRIMAS, H., und E. WERTENSCHLAG-BIRKHÄUSER (Hrsg.): *Der Pauli–Jung-Dialog und seine Bedeutung für die moderne Wissenschaft*. Springer, Berlin: 159–177.
- NEEF, E. (1979): Ableitung eines monodynamischen Modells für landschaftsverändernde Prozesse. – *Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften Leipzig, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, Bd. **54** (1): 31–35, Berlin. – Wiederabdruck in: NEEF, E. (1983): *Ausgewählte Schriften*. Haack, Gotha: 186–190.
- O'NEILL, R.V., KRUMMEL, J.R., GARDNER, R.H., SUGIHARA, G., JACKSON, B., DEANGELIS, D.L., MILNE, B.T., TURNER, M.G., ZYGMUNT, B., CHRISTENSEN, S., DALE, V.H. and R.L. GRAHAM (1988): Indices of landscape pattern. – *Landscape Ecology* **1**: 153–162.

- Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR) (1996): Örok-Studie zeigt auf: Enormer Siedlungsflächenverbrauch in Österreich. – *Österreichische Bau-Zeitung* Nr. 32: 2–3.
- OXLEY, D.J., FENTON, M.B., und G.R. CARMODY (1974): The effects of roads on populations of small mammals. – *The journal of applied ecology* **11**: 51–59.
- PAULI, W. (1950): Die philosophische Bedeutung der Komplementarität. – *Experientia* **6**: 72–81.
- PERROW, C. (1984 / 1987): *Normal accidents. Living with high-risk technologies*. Basic Books, New York 1984. – Dt. Übers. 1987: *Normale Katastrophen*. Campus, Frankfurt/Main.
- PETIT, S., und F. BUREL (1998): Effects of landscape dynamics on the metapopulation of a ground beetle (Coleoptera, Carabidae) in a hedgerow network. – *Agr. Eco. Enviro.* **69**: 243–252.
- PINKAU, K., und O. RENN (Hrsg.) (1998): *Environmental standards. Scientific foundations and rational procedures of regulation with emphasis on radiological risk management*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- PITHER, J, und P.D. TAYLOR (1998): An experimental assessment of landscape connectivity. – *Oikos* **83**: 166–174.
- PLACHTER, H. (1991): *Naturschutz*. G. Fischer UTB, Stuttgart.
- PLACHTER, H. (1992): Grundzüge der naturschutzfachlichen Bewertung. – In: *Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* **67**: 9–48.
- PLACHTER, H. (1994): Methodische Rahmenbedingungen für synoptische Bewertungsverfahren im Naturschutz. – In: *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **3**: 87–106.
- PLOTNICK, R.E., GARDNER, R. H., und R.V. O'NEILL (1993): Lacunarity indices as measures of landscape texture. – *Landscape ecology* **8**: 201–211.
- PRIMAS, H. (1983): *Chemistry, quantum mechanics and reductionism. Perspectives in theoretical chemistry*. Second Edition. Springer, Berlin etc.
- PRIMAS, H. (1992): Umdenken in der Naturwissenschaft. – *GAIA* **1** (1): 5–15.
- PRIMAS, H. (1995): Über dunkle Aspekte der Naturwissenschaft. – In: ATMANSPACHER, H., PRIMAS, H., und E. WERTENSCHLAG-BIRKHÄUSER (Hrsg.): *Der Pauli–Jung-Dialog und seine Bedeutung für die moderne Wissenschaft*. Springer, Berlin: 205–238.
- QI, Y., und J. WU (1996): Effects of changing spatial resolution on the results of landscape pattern analysis using spatial autocorrelation indices. – *Landscape ecology* **11**: 39–49.
- RECK, H., und G. KAULE (1993): *Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*. Bonn - Bad Godesberg. (= Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 654).
- RECK, H. (1994): *Umweltverträglichkeitsuntersuchung und landschaftspflegerischer Begleitplan im Straßenbau: Entwicklung eines Handlungsrahmens zur Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*. Diss. Univ. Stuttgart.

- Regionalverband Stuttgart (Hrsg.) (1994): *Landschaftspark Mittlerer Neckar Region Stuttgart*. Autoren: WOLFRUM, S., SCHMELZER, B., SACHER, U., und A. JANSON. Dialogdesign, Stuttgart.
- REICHELT, G. (1979): Landschaftsverlust durch Straßenbau. – *Natur und Landschaft* **54**: 335–338.
- RENN, O. (1995): *Ökologisch denken – sozial handeln: Die Realisierbarkeit einer nachhaltigen Entwicklung und die Rolle der Kultur- und Sozialwissenschaften*. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung Nr. 45, Stuttgart. Wiederabdruck in: KASTENHOLZ, H.G., ERDMANN, K.-H., und M. WOLFF (Hrsg.) (1996): *Nachhaltige Entwicklung. Zukunftschancen für Mensch und Umwelt*. Springer, Berlin, Heidelberg: 79–117.
- RENN, O. (1996): Möglichkeiten und Grenzen diskursiver Verfahren bei umweltrelevanten Planungen. – In: BIESECKER, A., und K. GRENZDÖRFFER (Hrsg.): *Kooperation, Netzwerk, Selbstorganisation*. Centaurus-Verlagsgesellschaft, Pfaffenweiler: 161–197.
- RENN, O., LEÓN, C., und G. CLAR (2000a): Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg. Statusbericht 2000 – Kurzfassung. Präsentation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- RENN, O., LEÓN, C., und G. CLAR (2000b): Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg. Statusbericht 2000 – Langfassung. Arbeitsbericht Nr. 173 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- RIITERS, K.H., O'NEILL, R.V., HUNSACKER, C.T., WICKHAM, J.D., YANKEE, D.H., TIMMINS, S.P., JONES, K.B., und B.L. JACKSON (1995): A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. – *Landscape ecology* **10**: 23–39.
- ROSA, A. ASOR (1988): "Repubblica" vom 6.2.1988, zitiert nach HENNIG (1993: 123).
- RUNGE, K. (1995): Kumulative Umweltbelastungen - eine Aufgabe der UVP von Plänen und Programmen. – *UVP-report* **9**: 174–177.
- RUH, H., BRUGGER, F., und C. SCHENK (1990): *Ethik und Boden*. Bericht 52 des Nationalen Forschungsprogrammes "Boden" (NFP 22), Liebefeld-Bern.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1974): *Umweltgutachten 1974*. Kohlhammer, Stuttgart.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1987): *Umweltgutachten 1987*. Kohlhammer, Stuttgart.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1994): *Umweltgutachten 1994*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1996a): *Umweltgutachten 1996*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1996b): *Konzepte einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Sondergutachten*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.

- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1998): *Umweltgutachten 1998*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2000): *Umweltgutachten 2000*. Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., und C.R. MARGULES (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. – *Conservation Biology* **5**: 18–32.
- SCHNEIDER, S. (1992): Measuring pattern diversity. – *Ecology* **73**: 1860–1867.
- SCHERINGER, M., BERG, M., und U. MÜLLER-HEROLD (1994): Jenseits der Schadensfrage: Umweltschutz durch Gefährdungsbegrenzung. – In: BERG, M., ERDMANN, G., HOFMANN, M., JAGGY, M., SCHERINGER, M., und H. SEILER (Hrsg.): *Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadensbegriffs in der Risikowissenschaft*. Vdf Hochschulverlag Zürich: 115–146.
- SCHERINGER, M., und M. BERG (1994): Spatial and temporal range as measures of environmental threat. – *Fresenius environmental bulletin* **3**: 493–498.
- SCHERINGER, M. (1996): *Räumliche und zeitliche Reichweite als Indikatoren zu Bewertung von Umweltchemikalien*. Diss. ETH Zürich Nr. 11 746 (Departement für Umweltnaturwissenschaften).
- SCHERINGER, M. (1997a): Characterization of the environmental distribution behavior of organic chemicals by means of persistence and spatial range. – *Environmental science and technology* **31**: 2891–2897.
- SCHERINGER, M. (1997b): Operationalisierung von Gerechtigkeitsprinzipien durch die Indikatoren räumliche und zeitliche Reichweite am Beispiel Umweltchemikalien. – In: KAUFMANN-HAYOZ, R., und A. DI GIULIO (Hrsg.): *Allgemeine Ökologie zur Diskussion gestellt. Nr. 3/2 - Kulturelle Kontexte und umweltethische Diskurse*. Proceedings des Symposiums "Umweltverantwortliches Handeln" vom 4.-6./7. September 1996 in Bern; Bern: 151–156.
- SCHERINGER, M. (1999): *Persistenz und Reichweite von Umweltchemikalien*. Wiley-VCH, Weinheim.
- SCHIPPERS, P., VERBOOM, J., KNAAPEN, P., und R.C. VON APeldoorn (1996): Dispersal and habitat connectivity in complex heterogeneous landscapes: An analysis with a GIS-based random walk model. – *Ecography* **19**: 97–106.
- SCHMIDT-BLEEK, F. (1993): MIPS – A universal ecological measure? – *Fresenius environmental bulletin* **2**: 306–311.
- SCHNÜLL, R. (1998): Zielorientierte Verkehrsplanung und Verkehrslenkung für die Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover. – *Straßenverkehrstechnik* 6/98: 273–281.
- SCHOLLES, F. (1996): Methoden zur Bewertung der Umweltverträglichkeit - Beispiele. – In: BUCHWALD, K., und W. ENGELHARDT (Hrsg.): *Bewertung und Planung im Umweltschutz*. (Umweltschutz - Grundlagen und Praxis, Band 2), Economica, Bonn: 474–499.
- SCHOMERUS, T. (1987): *Defizite im Naturschutzrecht*. Diss. Univ. Göttingen, Jurist. Fak.

- SCHÖNNAMSGRUBER, H. (1974): Verteilte und zersiedelte Landschaft. – *Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspf. BW* **42**: 106–114.
- SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) (1988): *Connectivity in landscape ecology*. Proceedings of the 2nd international seminar of the "International Association for Landscape Ecology" in Münster 1987. Münstersche geographische Arbeiten 29, Schöningh, Paderborn.
- SCHREMMER, C., und P. WINKLER (1993): *Trends der Siedlungsentwicklung in vier Testgebieten Österreichs*. Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK), Schriftenreihe Nr. 106. Eigenverlag, Wien.
- SCHUMAKER, N. H. (1996): Using landscape indices to predict habitat connectivity. – *Ecology* **77**: 1210–1225.
- SHANNON, C., und W. WEAVER (1949): *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- SHIMBEL, A. (1953): Structural parameters of communication networks. – *Bulletin of mathematical biophysics* **XV**: 501–507.
- SIEDENTOP, S. (1999): Kumulative Landschaftsbelastungen durch Verstädterung. – *Natur und Landschaft* **74**: 146–155.
- SIMPSON, E.H. (1949): Measurement of diversity. – *Nature* **163**: 688.
- SPALING, H., und B. SMIT (1993): Cumulative environmental change: Conceptual frameworks, evaluation approaches, and institutional perspectives. – *Environmental management* **17** (5): 587–600.
- Statistisches Bundesamt (1998a): *Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland*. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (1998b): *Fachserie 3, Reihe 5.1, Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 1997*. Stuttgart.
- STÖCKER, G., und A. BERGMANN (1978): Zwei einfache Modelle zur Quantifizierung der Beziehungen von Landschaftselementen. – In: *Beiträge zur planmäßigen Gestaltung der Landschaft*. Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR **14**: 91–100.
- TEGNER, H., und D. GREWING (1996): Haftung und Risikostandards, Strategien im Umgang mit Umweltchemikalien. – *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht (ZfU)* **19**: 441–463.
- TISCHENDORF, L., und L. FAHRIG (2000) On the usage and measurement of landscape connectivity – *Oikos* **90** (1): 7–19
- TREUNER, B. (1979) In: WEISER, G. / Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt B.-W.: Vorträge und Aussprache am Landschaftstag 1979. Zitiert nach LANGER, H., ALBERT, G., und A. HOPPENSTEDT (1981): *Diskussion einer Bilanzierung von "Landschaftsverbrauch"* – *Begriffsinhalte und Bilanzierungsansätze*. Studie im Auftrage des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (Materialien 25), München: 62.
- TURNER, M.G., und R.H. GARDNER (Hrsg.) (1991): *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. Springer, New York.

- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (1997): *Beschlüsse der Umweltministerkonferenz (UMK) und Berichte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Umwelt und Verkehr" der UMK 1989-1996*. Texte 6/97, Selbstverlag, Berlin.
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (1991): *Straße in der Landschaft. Beispiele für landschafts- und umweltgerechten Straßenbau*. 4. Aufl., Liebel, Bad Waldsee.
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (1995): *Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 1995*. Stuttgart.
- WALZ, U., und U. SCHUMACHER (1997): *Landschaftsökologische Bewertung für die Raumplanung mit Hilfe eines Geo-Informationssystems. Untersuchungen am Beispielsraum Plauen*. IÖR-Forschungsbericht, Dresden.
- WATERSTRAAT, A., BAIER, H., HOLZ, R., SPIEB, H.J., und J. ULBRICHT (1996): Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume - Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. – In: *Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen - ein Forschungsprojekt*. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Heft 1: 5–24.
- WEISS, H. (1981): *Die friedliche Zerstörung der Landschaft und Ansätze zu ihrer Rettung in der Schweiz*. Orell Füssli, Zürich.
- WEISS, H. (1987): *Die unteilbare Landschaft*. Orell Füssli, Zürich und Wiesbaden.
- WEIZSÄCKER, C. und E.U. v. (1984): Fehlerfreundlichkeit. – In: KORNWACHS, K. (Hrsg.): *Offenheit - Zeitlichkeit - Komplexität: zur Theorie der offenen Systeme*. Campus, Frankfurt am Main und New York: 167–201.
- WEIZSÄCKER, C. und E.U. v. (1986): Fehlerfreundlichkeit als Evolutionsprinzip und Kriterien der Technikbewertung. – *Universitas* **14**: 791–799.
- WHITCOMB, R.F., ROBBINS, C.S., LYNCH, J.F., WHITCOMB, B.L., KLIMKIEWICZ, M.K., and D. BYSTRAK (1981): Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest. – In: BURGESS, R.L., and D.M. SHARPE (Hrsg.): *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*. Springer-Verlag, New York: 125–205.
- WINKELBRANDT, A. (1977): Untersuchung der Straßendichte mit Hilfe einer Quadratnetzmethode am Beispiel des Verbandsgebietes des Landschaftsverbandes Rheinland. – *Natur und Landschaft* **52** (5): 134–139.
- WITH, K., und T. CRIST (1995): Critical thresholds in species' responses to landscape structure. – *Ecology* **76**: 2446–2459.
- WITH, K.A., GARDNER, R.H., und M.G. TURNER (1997): Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. – *Oikos* **78**: 151–169.