

Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeits- bewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 126

bast

Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeits- bewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur

von

Torsten Mielecke
Life Cycle Engineering Experts GmbH
Darmstadt

Carl-Alexander Graubner
Technische Universität Darmstadt
Institut für Massivbau, Fachgebiet Massivbau

Carolin Roth
Hock Beratende Ingenieure GmbH
Haibach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 126

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 09.0162/2011/LRB
Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur

Fachbetreuung

Cyrus Schmellekamp

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9293

ISBN 978-3-95606-240-7

Bergisch Gladbach, März 2016

Kurzfassung – Abstract – Summary

Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur

Das Forschungsprojekt „Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur,“ hat zum Ziel, eine einheitliche Basis für die Entwicklung von Bewertungssystemen der Nachhaltigkeitsqualität von Straßeninfrastruktur zu schaffen.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist zunächst ein einheitliches Verständnis für den Begriff Nachhaltigkeit notwendig. Der Forschungsnehmer hat daher den Begriff Nachhaltigkeit als eine gleichgewichtige Beurteilung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten definiert. Dies entspricht der aktuellen wissenschaftlichen Begriffsauffassung, wie sie sich auch im Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen zukunftsverträglichen Entwicklung“ sowie im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (bnb) des BMVBS wiederfindet.

Zur Beurteilung der Nachhaltigkeitsqualität wurden verschiedene Entscheidungsverfahren untersucht. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere die Nutzwertanalyse ein geeignetes Instrument ist. Hierdurch können verschiedene Aspekte getrennt analysiert und der jeweilige Nutzen für das gewünschte Ziel transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

Alle Ergebnisse sind in ein Konzept eingeflossen, welches die zukünftige Bewertung von Straßeninfrastruktur ermöglichen soll. Dieses Konzept sieht eine Matrix vor, welche sich zum einen am Lebenszyklus von Straßeninfrastrukturbauwerken orientiert und zum anderen die Straßeninfrastruktur in die 4 Elemente „Freie Strecke“, „Knotenpunkt“, „Brücke“ und „Tunnel“ unterteilt. Innerhalb dieser Matrix wurden 6 Module definiert, die die Bewertungszeitpunkte im Lebenszyklus beschreiben. Von diesen 6 Modulen beziehen sich 4 Module auf die Bauwerksplanung und -erstellung und 2 Module auf die Bauwerksabnahme sowie den Betrieb des Bauwerkes. Innerhalb jedes dieser Module sollte eine Nachhaltigkeitsbewertung mittels einer Nutzwertanalyse durchgeführt werden.

Conceptual estimates for the sustainability assessment in the life cycle of elements of the street infrastructure

The research project entitled “Conceptual estimates for the sustainability assessment in the life cycle of elements of the street infrastructure” seeks to provide a uniform basis for developing rating systems for assessing the sustainability quality of the road infrastructure.

For this goal to be achieved, it will first of all be necessary to agree on a standard definition of sustainability. The research contractor defines sustainability as a balanced assessment of ecological, economic and social questions in equal measure. This reflects the current scientific definition which can be found in the report by the Enquete Commission of the German Bundestag Protecting People and the Environment. Targets and Frameworks for long-term sustainable Development as well as in the rating system Sustainable Building developed by the Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS).

Several decision-making procedures were examined for assessing the sustainability quality of the road infrastructure. Cost-utility analysis was found to be particularly suitable. This method allows for several points to be analysed independently, and the specific benefit for the target object to be displayed clearly and understandably.

All results flow into a concept which will allow for the future assessment of the road infrastructure. This concept envisages a matrix which on the one hand concentrates on the operating life of structures on the road network, and on the other hand divides the road infrastructure into four elements, namely “open road”, “junction”, “bridge” and “tunnel”. This matrix contains six modules which pinpoint the assessment dates in the operating life of the structure. Four of these six modules deal with the planning and construction of the structures and two of the six modules deal with the acceptance procedure and the running of the structures. Each of these modules envisages a sustainability assessment which will be carried out using a cost-utility analysis.

Conceptual estimates for the sustainability assessment in the life cycle of elements of the street infrastructure

1 Introduction

The research project "conceptual estimates for the sustainability assessment in the life cycle of elements of the street infrastructure" aims at the development of a uniform basis for the development of assessment systems of the sustainability quality of street infrastructure. The Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) herein takes into account the current developments which demand reinforced ecological, economic and socially balance and optimization of building characteristics.

The research project forms the basis for further developments which were already initiated with the research project "Development of uniform assessment criteria for infrastructure buildings in view of sustainability".

The research project was elaborated by the collaboration of Life Cycle Engineering Experts GmbH, TU Darmstadt Fachgebiet Massivbau as well as Hock Beratende Ingenieure GmbH.

2 Basics

Presently the concept of sustainability is used in an inflationary manner. Besides, different interpretations are connected with the concept. Hence, for the assessment of the street infrastructure a uniform understanding for the concept of sustainability is to be created first.

In the current scientific debate sustainability is understood as the equal assessment of ecological, economic and social aspects. This is incorporated, e.g., in the report of the Enquete commission of the German Bundestag "Protection of humanity and the environment" which aims at the basic conditions of a sustainable and future-acceptable development". The awareness of enduring construction has also flown into the assessment system for federal buildings of the Federal Ministry of transport, construction and urban development (BMVBS).

Hence, the principle that the three main aspects of sustainability (ecology, economy, social) have to be

weighted equally, is also compulsory for the concept for the sustainability assessment of street infrastructure. Where necessary an integration of cross sectional aspects which concern the technique quality or the quality of construction and maintenance processes is possible.

An analysis of the decision procedures has shown that in particular the utility value analysis is to be pulled up for the assessment of the sustainability quality. For being highly intelligible and transparent in its decision rules the utility value analysis is likely particularly to proof the sustainability quality. This is achieved by mathematical procedures which contribute to the illustration of the aim fulfillment. The main advantage of the utility value analysis is that no interpretation of the results must follow as for example with the ABC-analysis. The application of the utility value analysis requires the measurability of all sustainability aspects as well as a weighting between the single criteria. This implies that for every criterion a measurable grade is defined. Subjective criteria, as for example the aesthetics, cannot be valued with the utility value analysis on account of being not measurable.

3 Elements of the assessment system

An assessment system consists of different elements which are built up hierarchically illustrating the assessment aim.

The basis of the assessment system is a catalogue of criterions. The criterions display the single topics of sustainability. An assessment method which shows the performance of the criterion is assigned to every criterion. Single criteria can be summarized thematically to criterion groups.

Besides the grading a relative weighting of the single criteria is necessary for the utility value analysis. For the assessment system a two-stage system is suggested. The meaning of the single criteria within the criterion group can be freely awarded for the single assessment properties. The weighting between the criteria groups is fixed according to the default of the BMVBS for the recognition by assessment systems. From this it arises that five criterion groups with the following weights are established:

22,5% = Ecologic Quality,

- 22,5% = Economic Quality,
- 22,5% = Social Quality,
- 22,5% = Technical Quality,
- 10,0% = Process Quality.

The single criteria, their assessment methods as well as the grading and their meaning will not be not fixed in the present project. Suggestions are ascribed to single possible criteria. The elaboration of the single criteria as well as the definition of grades and meanings predominates the groups which develop the single systems of elements of the street infrastructure in the following.

The project report includes a sample of criterion warrants of apprehension which exemplarily describe rating of a criterion. This can serve as a working example for the work of the single teams.

4 Concept of an assessment system

The described elements of an assessment system can be applied at different stages of the life cycle of the building structure. By means of the modularization shown in figure 1 different assessment stages are suggested. For every single module specific and individual assessment methods have to be developed. Nevertheless, the focus must be set to define specific criteria which can be rated from project start up to the building hand over.

For the assessment time in the life cycle it is typical that the degree of the exertion of influence on the sustainability steadily decreases with proceeding planning process. This is because more and more decisions are certain. Besides, the level of detail increases steadily with the planning phases.

The aim of the single assessments is to accompany the respective planning and optimizes to the following planning phase to hand over.

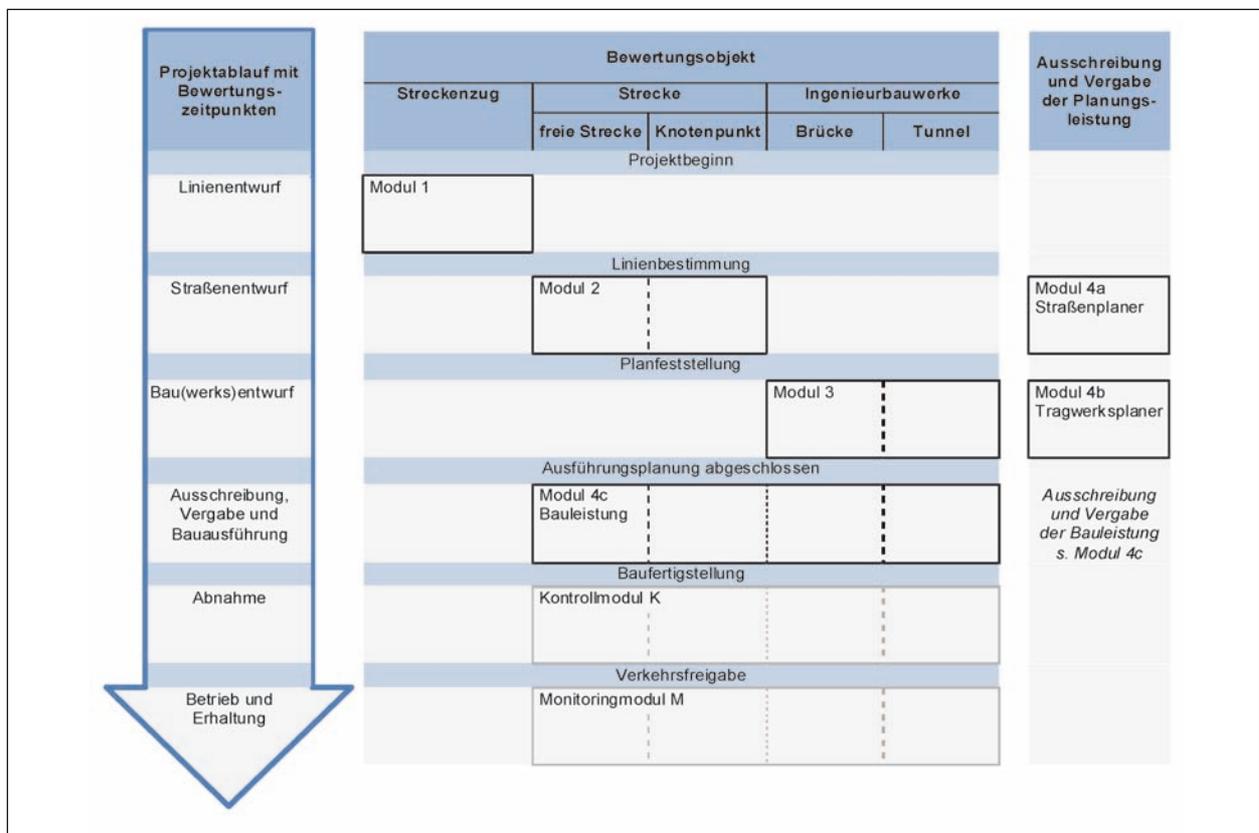


Fig. 1: Concept of an assessment system

Inhalt

Glossar	8	4.2	Elemente des Bewertungssystems ...	26
Vorwort	9	4.3	Absoluter oder relativer Vergleich	31
1 Einleitung	11	4.4	Clusterung/Klassierung	32
1.1 Zielsetzung	11	4.5	Nachhaltigkeitskriterien für Straßeninfrastruktur	32
1.2 Vorgehensweise	11	4.5.1	Ökologische Qualität	33
2 Aktueller Stand der Nachhaltigkeitsbewertung	12	4.5.2	Ökonomische Qualität	35
2.1 Der Begriff Nachhaltigkeit	12	4.5.3	Soziokulturelle und funktionale Qualität	35
2.2 Der Nachhaltigkeitsbegriff bei Infrastrukturbawerken	13	4.5.4	Technische Qualität	35
2.3 Nationale Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens	13	4.5.5	Prozessqualität	36
2.4 Nachhaltigkeit im Bauwesen	14	4.6	Vorgabe eines Betrachtungs- zeitraums	36
2.4.1 Grundlagen und Ziele	14	4.7	Integrierter Planungs- und Verfahrensablauf	36
2.4.2 Stand aktueller Normungen und Reglementierungen in Deutschland ...	15	5 Konzeption eines Bewertungs- modells für Infrastruktur- bauwerke		41
2.4.3 Bestehende Nachhaltigkeits- bewertungssysteme für den Hochbau	16	5.1	Modularisierung	41
2.4.4 Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturbawerken	17	5.2	Projekttablauf mit Bewertungs- zeitpunkten	42
3 Anwendungsgebiet der Nachhaltigkeitsbewertung von Straßeninfrastruktur	20	5.3	Start der Nachhaltigkeits- bewertung	43
3.1 Ziel	20	5.4	Modul 1	43
3.2 Bewertungsobjekt	20	5.5	Modul 2	44
3.3 Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur	22	5.6	Modul 3	45
3.4 Bewertungszeitpunkt im Lebenszyklus	23	5.7	Modul 4	46
3.5 Anwender und Einbindung ins Planungsteam	24	5.8	Kontrollmodul K	47
4 Vorüberlegungen zum Konzept	25	5.9	Monitoringmodul M	47
4.1 Formaler Aufbau	25	6 Inhalt eines Leitfadens „Nach- haltige Straßeninfrastruktur“		47
4.1.1 Nutzwertanalyse als Entscheidungsverfahren	25	7 Zusammenfassung und Ausblick ...		48
4.1.2 Bewertungssystem Hochbau als Orientierung	26	8 Literatur		49
		9 Anhänge		51
		9.1	Anhang 1: Muster eines Kriteriensteckbriefes	51
		9.2	Anhang 2: Inhalte einer UVP und Kriterien des Bewertungssystems	54

Glossar

Bedeutung(s) (-faktor)	Anteil eines Kriteriums an der Zielerreichung innerhalb seiner Hauptkriteriengruppe (von 1 bis 3)	Strecke	hier: Infrastrukturelement Straße in Abgrenzung zu den Ingenieurbauwerken. Unterschieden wird in Knotenpunkt und freie Strecke
Bewertungs- methode	Verfahren, das ein Kriterium messbar macht (z. B. Lebenszykluskostenrechnung, Checkliste)	Streckenzug	Aneinanderreihung von Infrastrukturelementen (freie Strecke, Knotenpunkt, Brücke, Tunnel)
FFH-VP	Fauna-Flora-Habitat-Verträglichkeitsprüfung	SUP	Strategische Umweltprüfung
Gewichtung	Verteilung der Bewertungsanteile zwischen den Hauptkriteriengruppen (z. B. 22,5 %)	Trasse	wird in diesem Bericht synonym zu „Streckenzug“ verwendet. Entsprechendes gilt für den Begriff „Trassenplanung“
(Haupt-) Kriteriengruppe	Zusammenfassung von Kriterien unter einem Schwerpunkt (z. B. Prozessqualität)	UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
(Infrastruktur-) Element	separat betrachtbarer Teil der Straßeninfrastruktur (z. B. Strecke, Brücke, Tunnel)		
Kriterien- steckbrief	Zusammenfassung von Informationen zu einem Kriterium und Anleitung zur Bewertung		
Kriterium	Aspekt, der einen Teilbereich der Nachhaltigkeit fokussiert (z. B. Treibhauspotenzial)		
Maßstab	Zuordnung von messbaren Werten zu Bewertungspunkten (z. B. 100 kg CO ₂ -Äq. entspricht 10 Punkten)		
Modul	Zusammenfassung von Kriteriensteckbriefen desselben Bewertungszeitpunkts		
ROV	Raumordnungsverfahren		
Straße	Begriff mit mehreren Bedeutungen. Ist das Gesamtbauwerk gemeint, so wird im Bericht der Begriff „Streckenzug“ verwendet. Ist die Straße in Abgrenzung zu den Ingenieurbauwerken gemeint, so wird auch von „(freier) Strecke“ gesprochen. Ist der Baukörper selbst gemeint, so wird „Straßenkörper“ verwendet.		

Vorwort

Forschungskonzeption „Nachhaltigkeitsbewertung für Straßeninfrastrukturen“

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind wesentliche Herausforderungen unserer Gesellschaft, denen sich die Bundesregierung in nationalen und internationalen Verträgen und Programmen verpflichtet hat.

Für den Neubau von Bundesbauten ist seit der Einführung des überarbeiteten Leitfadens „Nachhaltiges Bauen“ im Jahr 2011 die Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) verbindlich. Im Rahmen einer Forschungskonzeption hat das BMVI den Übertragungs- und Anpassungsbedarf des Hochbau-Bewertungsverfahrens auf Straßeninfrastrukturen ermitteln lassen. Hiermit wurde die Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastrukturen“ unter dem Dach des BMVI und unter Leitung der BAST beauftragt.

Ziel war die Entwicklung eines ganzheitlichen Bewertungsansatzes zur integrierten Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur. Hierzu wurden mehrere Forschungsprojekte für die verschiedenen Elemente der Straßeninfrastruktur (Straße, Brücke, Tunnel) umgesetzt.

Dieses Bewertungsverfahren berücksichtigt gleichwertig ökologische, ökonomische sowie soziale und technisch-funktionale Aspekte über den gesamten Lebenszyklus der Infrastrukturobjekte und ermöglicht den Variantenvergleich auf Objektebene. Das modular aufgebaute Bewertungsverfahren umfasst verschiedene Module für die Phasen Planung, Ausschreibung und Bau sowie Abnahme von Bauleistungen für die verschiedenen Elemente der Straßeninfrastrukturen. Die Verifizierung des Bewertungsverfahrens einschließlich seiner aufgeführten Module in Pilotprojekten steht noch aus.

Ein Überblick über das Gesamtkonzept und die Zusammenfassung bereits abgeschlossener Projekte der Forschungskonzeption wird im Schlussbericht der BAST FE 1100.2111000 „Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen“ gegeben.

Das Ergebnis der Arbeitsgruppe zeigt, basierend auf den Schlussberichten der Forschungsprojekte, dass die Entwicklung eines Systems zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten für Straßeninfrastrukturen nach dem Vorbild des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen grundsätzlich möglich und zielführend ist. Mit dem entwickelten Bewertungssystem kann den gestiegenen Anforderungen aus gesellschaftlichen Wünschen und internationalen Abkommen hinsichtlich einer deutlicheren Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit sowie zu Klimaschutzzielen für den Bereich der Straßeninfrastrukturen Rechnung getragen werden.

Bergisch Gladbach 2016

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

„Nachhaltigkeit“ ist eines der prägenden Entwicklungsziele für Deutschland. Bereits durch die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages zum „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ wurde 1998 das Leitbild für eine nachhaltige zukunftsverträgliche Entwicklung erarbeitet [1]. Wesentliches Ergebnis der Arbeit der Enquete-Kommission ist die Definition der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit. Aus den drei Dimensionen

- ökologische Nachhaltigkeit,
- ökonomische Nachhaltigkeit und
- sozio-kulturelle Nachhaltigkeit

ergeben sich vielfältige Anforderungen. Zielsetzung muss es sein, zwischen den teilweise unterschiedlichen Anforderungen einen Ausgleich zu schaffen und eine ganzheitliche Optimierung herbeizuführen. Hierbei gilt es, den Betrachtungsraum auf den gesamten Lebenszyklus zu legen und nicht nur einzelne Lebenszyklusabschnitte losgelöst zu betrachten.

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist es, ein Verfahren für die Nachhaltigkeitsbewertung von Elementen der Straßeninfrastruktur nebst einem Leitfaden zur Bewertung zu konzeptionieren.

Die Nachhaltigkeitsbewertung dient zur Steigerung der Bauqualität, der Schonung von Ressourcen und der Senkung der Lebenszykluskosten bei der Suche nach einer optimalen „Lösung für den Standort“. Sie soll Kostensicherheit und Planungssicherheit schaffen und die Akzeptanz von Baumaßnahmen erhöhen, indem sie Nachhaltigkeit messbar macht und Transparenz schafft. Durch die Bildung von Benchmarks lassen sich Erkenntnisse aus abgeschlossenen Projekten kanalisieren und zur Optimierung zukünftiger Projekte übertragen. Die Nachhaltigkeitsbewertung richtet sich dabei sowohl an die Straßenbauverwaltungen als auch an die externen Fachplaner und Architekten, denen durch den zu konzipierenden Leitfaden ein einfach anzuwendendes Instrument an die Hand gegeben werden soll.

Das Projekt entspringt aus der Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur“ der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und soll im Zusammenhang mit weiteren Forschungsprojekten dazu beitragen, ein durchgängiges Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren für Straßeninfrastruktur aufzubauen. Dabei soll das Verfahren nicht nur verschiedene Elemente (z. B. Brücken, Tunnel, Knotenpunkte, Strecke), sondern auch unterschiedliche Lebenszyklusphasen berücksichtigen.

Das zu entwickelnde Nachhaltigkeitsbewertungssystem ordnet sich in die bestehenden Verfahren zur Infrastrukturgestaltung, wie z. B. Umweltverträglichkeitsprüfung, Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen etc., ein und soll diese um die Themenstellungen der Nachhaltigkeit ergänzen. Ziel ist es nicht, diese durch die Nachhaltigkeitsbewertung zu ersetzen.

Für einen Teilausschnitt dieser Problematik liegen mit dem Abschlussbericht des Forschungsprojekts „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturprojekte im Hinblick auf Nachhaltigkeit (FE 15.494/2010/FRB)“ bereits Bewertungskriterien und -methoden vor, die im Folgeprojekt „Pilotstudie zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus (FE 15.522/2011/FRB)“ einem Praxistest unterzogen werden.

Die Arbeiten des vorliegenden Projekts (FE 09.0162/2011/LRB) erfolgen in engem Austausch mit der Arbeitsgruppe und in Abstimmung mit den Auftragnehmern der parallel laufenden Forschungsprojekte „Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit – Straße und Tunnel (FE 09.0164/2011/LRB)“ und „Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur (FE 09.0163/2011/LRB)“.

1.2 Vorgehensweise

Bei der Entwicklung des Konzeptes sind Randbedingungen zu berücksichtigen, die sich nicht nur aus der Sache, sondern auch aus dem Arbeitsumfeld des Projekts ergeben. So besteht einerseits in Deutschland, aufgrund diverser Vorarbeiten (z. B. im Bereich des Hochbaus), eine Vorstellung über den formalen Aufbau eines Nachhaltigkeitsbewertungssystems, mit der auch Erwartungen an Objektivität und Aussagekraft verbunden sind. Anderer-

seits bestehen verbindliche Regeln und Instrumente (z. B. Umweltverträglichkeitsprüfung), die vorgeben, was bei der Anlage von Straßen zu berücksichtigen ist, und die bereits Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen. In der Diskussion mit Fachleuten aller Disziplinen zeigt sich dem Auftragnehmer überdies immer wieder, dass individuelle Vorstellungen über den Nachhaltigkeitsbegriff bestehen und Missverständnisse durch verschiedene Begriffsverwendungen entstehen.

Bei der Entwicklung des Konzepts werden daher folgende Punkte aufgegriffen:

- Klärung des Anwendungsgebiets (Was soll mit dem System erreicht werden? Wer wendet es an? Etc.),
- formaler Aufbau mit einheitlichen Begriffsdefinitionen,
- Integration in bestehende Praxis, Konfliktpunkte und Lösungsmöglichkeiten.

2 Aktueller Stand der Nachhaltigkeitsbewertung

2.1 Der Begriff Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit ist einer der Leitgedanken der Gegenwart. In vielen Bereichen von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft wird versucht, eine Optimierung der Nachhaltigkeit herbeizuführen. Dabei wird unter dem Begriff Nachhaltigkeit häufig etwas sehr Unterschiedliches verstanden. Eine Begriffsbestimmung fand bereits 1987 im Rahmen der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen – der sogenannten Brundtland-Kommission – statt. Im Abschlussbericht, dem Brundtland-Bericht, wurde nachhaltige Entwicklung folgendermaßen definiert:

„Entwicklung zukunftsfähig zu machen heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können“ (Brundtland-Report: Unsere gemeinsame Zukunft, 1987: Teil 1, Kapitel 3, Artikel 27), [2].

Als weiterer Meilenstein der nachhaltigen Entwicklung ist der Weltgipfel der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro, Brasilien, im Jahre 1992 und in Johannesburg (Südafrika) im Jahre 2002 zu sehen. In

dem dazugehörigen Bericht wurde von den Vertretern der Völker ein Bekenntnis zur nachhaltigen Entwicklung abgegeben. Weiterhin wurde ein „Durchführungsplan des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung“ beschlossen, der bspw. die Beseitigung der Armut und die Veränderung nicht nachhaltiger Konsumgewohnheiten und Produktionsweisen thematisiert [3]. Im Nachhinein wird deutlich, dass sich besonders durch den ersten Gipfel in Rio de Janeiro der Nachhaltigkeitsgedanke weltweit verbreitete und mehr und mehr Bestandteil der politischen Leitbilder wurde [4, S. 22].

Die politische Debatte um den Begriff der Nachhaltigkeit in Deutschland wurde durch die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt. Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen zukunftsverträglichen Entwicklung“ 1995 verstärkt. Im Rahmen der Enquete-Kommission wurde festgehalten, dass der Begriff Nachhaltigkeit sich aus den drei Komponenten ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit zusammensetzt [1]. Diese drei Bestandteile, die als Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit bezeichnet werden, beeinflussen sich gegenseitig und sollten gleichgewichtig bei der Nachhaltigkeitsdebatte beachtet werden, wie in Bild 1 dargestellt.

Das Drei-Säulen-Modell hat sich in der weiteren wissenschaftlichen Diskussion gefestigt und wird heute z. B. bei der Bewertung von Bauwerken im Hochbau angewendet [5].

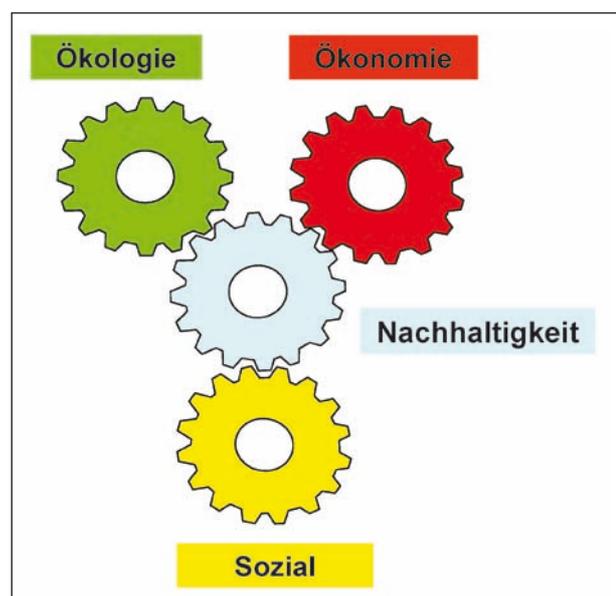


Bild 1: Aspekte der Nachhaltigkeit

2.2 Der Nachhaltigkeitsbegriff bei Infrastrukturbawerken

Ausgangspunkt für die Überlegungen zum Nachhaltigkeitsbegriff ist, wie beschrieben, die Definition der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission).

Diese allgemein gehaltene Definition bedarf einer Interpretation, insbesondere wenn die nachhaltige Entwicklung für den Sektor Straßeninfrastruktur konkretisiert werden soll. Dies ist umso bedeutsamer, da Straßeninfrastrukturbawerke für einen langen Lebenszyklus geplant werden müssen. Bei einem angestrebten Lebenszyklus von 100 Jahren für Brücken und 130 Jahre für Tunnelbawerke und mehr sind Entscheidungen im Rahmen der Planung von langfristiger Bedeutung.

Ein wesentlicher Aspekt der Nachhaltigkeit ist, mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen vorausschauend umzugehen. Diese Sichtweise ist vor allem für die Bereiche Umwelt und Wirtschaft zielführend. Gleichzeitig sind die Bedürfnisse der Nutzer der Straßeninfrastruktur wie auch der unmittelbaren Umgebung zu berücksichtigen. Somit finden sich auch hier die 3 Säulen der Nachhaltigkeit wieder.

Nachhaltig im ökologischen Sinne ist es, nur so viele natürliche Ressourcen zu entnehmen wie dauerhaft zur Verfügung gestellt werden können und bei allen Eingriffen in den Naturhaushalt die Aufnahmefähigkeit der Umwelt (z. B. für Immissionen) zu berücksichtigen. Auch der Umweltschutz gehört zum Nachhaltigkeitsgedanken im Sinne eines Erhalts der Umwelt für künftige Generationen, ist jedoch „nur“ ein Teilaspekt und nicht mit Nachhaltigkeit gleichzusetzen.

Als im ökonomischen Sinne nachhaltig kann ein Handeln betrachtet werden, das nicht kurzfristig und akteursbezogen, sondern generationenübergreifend und gesamtgesellschaftlich orientiert ist. Für den Bereich der Straßeninfrastruktur bietet sich hierzu eine volkswirtschaftliche Sichtweise an, die sich allerdings nicht notwendigerweise mit den vorhandenen ressortgebundenen und haushaltspolitischen Sichtweisen deckt.

Für den Bereich der soziokulturellen und funktionalen Qualität ist eine weitere Sichtweise des Nachhaltigkeitsbegriffs zielführend, nämlich die Ausrichtung an den gegenwärtigen und zukünftigen Bedürfnissen. So sind bei der Planung von Straßen-

infrastruktur verschiedene (auch teilweise gegenläufige) Interessen, z. B. der Wunsch nach Mobilität und geringer Lärmbelastung, zu berücksichtigen. Mithilfe von Prognosen wird der künftige Bedarf in die Planung einbezogen und berücksichtigt.

Da Infrastrukturbawerke eine hohe Komplexität im Bereich der technischen Gestaltung sowie der Planung und Realisierung erfordern, ist es sinnvoll, einzelne Fragestellungen als gesonderte Querschnittsfunktionen gesondert zu adressieren. Somit lassen sich im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung eine technische Qualität und eine Prozessqualität definieren, welche auf alle Aspekte des klassischen Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit Einfluss nehmen.

Die technische Qualität eines nachhaltigen Bauwerkes beschreibt dabei z. B. die Erhaltung und Instandsetzungsfreundlichkeit eines Bauwerkes. Die Prozessqualität bewertet den Planungs- und Ausführungsprozess, der z. B. zu einer vollständigen Objektdokumentation führen soll, welche eine spätere Wartung- und Instandhaltung des Bauwerkes erleichtern kann.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass Bezeichnungen wie „nachhaltige Straße“, „nachhaltige Brücke“ etc. vermieden werden sollten. Ein Bauwerk an sich kann nicht „nachhaltig“ sein, es kann jedoch mehr oder weniger gut zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Genauso ist von dem Bewertungsverfahren auch nicht zu fordern, dass es eine Anleitung für die „nachhaltigste Brücke“ etc. liefern sollte. Vielmehr soll die Anwendung des Bewertungssystems helfen, Bauwerke ganzheitlich unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zu optimieren.

2.3 Nationale Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens

Es gibt zum heutigen Tage kein Gesetz für eine ganzheitliche Reglementierung der Nachhaltigkeit in Deutschland. Allerdings existiert eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie.¹ Sie baut auf jenen Ideen auf, die auf den Weltgipfeln von Rio de Janeiro im Jahr 1992 und Johannesburg im Jahr 2002 entwickelt wurden. Inhaltlich befasst sich die nationale

¹ Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie beruht auf den in der Enquete-Kommission beschlossenen Inhalten des Deutschen Bundestages [1].

Nachhaltigkeitsstrategie mit diversen Schwerpunkten, wie u. a. der Gestaltung des demografischen Wandels, der effizienten Nutzung der Energie, der gesunden Ernährung, der Sicherung der Mobilität unter gleichzeitigem Schutz der Umwelt etc. [6, S. 24 ff.]. Des Weiteren beinhaltet sie politische Leitlinien für eine nachhaltige Entwicklung.

Auch die Vorgaben des Kyoto-Protokolls werden in Deutschland umgesetzt. Da Deutschland den Richtlinien der Europäischen Union unterliegt, müssen diese in die nationale Politik mit aufgenommen werden. Einem sehr wichtigen Ziel, nämlich der Bekämpfung des Klimawandels, wird im Kyoto-Protokoll und auch in der europäischen Strategie zur Bekämpfung der Klimaänderung [7] besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Beispielhaft sei hier genannt, dass sich die EU-15²-Staaten 1997 als Vorgabe setzten, ihre Gesamtemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um nicht nur 5 %, sondern um 8 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Da es sich hierbei um ein „burden sharing“ (Lastenausgleich) handelt, trägt jedes Land zu einem gewissen Teil zu den 8 % bei, der deutsche Beitrag beträgt sogar eine 21%ige Reduzierung der Gesamtemissionen [8]. Weiterhin liegt das Augenmerk der europäischen Strategie auf Bereichen wie Energieeffizienz, erneuerbaren Energiequellen u. v. m.

2.4 Nachhaltigkeit im Bauwesen

2.4.1 Grundlagen und Ziele

Eine ganzheitliche Betrachtung der Nachhaltigkeit ist ohne Berücksichtigung des Bauwesens nicht möglich. Das Bauwesen nimmt im Bereich der nachhaltigen Entwicklung einen hohen Stellenwert ein, schließlich findet bei jedem Bauprojekt ein Eingriff in Umwelt und Natur statt. So werden je Einwohner und Jahr in Deutschland rund 11 Tonnen Sand, Kies, Steine und Ton benötigt. Gleichzeitig

halten sich die Menschen in Industrieländern durchschnittlich 90 % ihrer Lebenszeit in Gebäuden auf. Die Baubranche deckt somit mit Gebäuden und Infrastruktur wesentliche Grundbedürfnisse der Menschen ab. Des Weiteren bringt ein Bauprojekt ökonomisch und ökologisch relevante Aufwendungen mit sich [9]. Bemerkenswert ist, dass z. B. der Hochbau ein hohes Potenzial an Einsparungsmaßnahmen vor allem im Bereich der Emissionen während des Betriebs bietet. Beispielsweise ist der Betrieb von Gebäude für nahezu 40 % des Gesamtenergieverbrauchs weltweit verantwortlich [10]. Die Bau-tätigkeiten sind aber auch mit erheblichen Abfallmengen verbunden. So entstehen je Einwohner und Jahr rund 1,2 Tonnen Baureststoffe und 2,9 Tonnen Bodenaushub durch Baumaßnahmen.

Das Statistische Bundesamt ermittelt zwanzig Indikatoren,³ die ein Bild über die Nachhaltigkeitsentwicklung in Deutschland liefern sollen, welche im Indikatorenbericht „Nachhaltige Entwicklung in Deutschland“ dargestellt werden. Für das Bauwesen von besonderer Bedeutung sind Ressourcenschonung, Klimaschutz, erneuerbare Energien, Flächeninanspruchnahme und Luftqualität. Vonseiten der Bundesregierung wurden für die einzelnen Aspekte Zielwerte definiert, die bis zum Jahr 2020 bzw. 2050 zu erreichen sind.

In dem für den Bausektor relevanten Bereich der Ressourcenschonung und hier insbesondere im Bereich der Energieressourcen ist das gesamtwirtschaftliche Ziel definiert, den Primärenergieverbrauch von 2008 bis 2020 um 20 % und bis 2050 um 50 % zu reduzieren. Die Immobilien beeinflussen insbesondere durch die Heizung und Kühlung, aber auch durch den Energieeinsatz zur Herstellung der Bauwerke, der sogenannten grauen Energie, diesen Faktor.

Die Rohstoffproduktivität soll nach Willen der Bundesregierung, bezogen auf das Basisjahr 1994, bis 2020 verdoppelt werden. Mit einem Bedarf von rund 59 % der geförderten mineralischen Rohstoffe ist das Bauwesen hier besonders gefordert, zu einer Optimierung der Rohstoffproduktivität beizutragen.

Die Zielsetzungen für den Klimaschutz werden durch die Vereinbarungen des Kyoto-Protokolls geprägt. Darin hat sich Deutschland verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2012 um 21 % zum Vergleichsjahr 1990 zu senken. Dieser Wert ist entsprechend den aktuellen Berechnungen des Statistischen Bundesamtes erreicht worden. Langfristiges Ziel der Bundesregierung ist es, bis

² EU-15-Staaten: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden, Spanien, Vereinigtes Königreich Großbritannien

³ Die Indikatoren sind: Ressourcenschonung, Klimaschutz, erneuerbare Energien, Flächeninanspruchnahme, Artenvielfalt, Staatsverschuldung, wirtschaftliche Zukunftsvorsorge, Innovation, Bildung, wirtschaftlicher Wohlstand, Mobilität, Landwirtschaft, Luftqualität, Gesundheit und Ernährung, Kriminalität, Beschäftigung, Perspektiven für Familien, Gleichberechtigung, Integration, Entwicklungszusammenarbeit, Märkte öffnen

zum Jahr 2050 eine Senkung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % zu erreichen. Das Bauwesen kann hier durch die Art der Herstellung und den Einsatz der Baustoffe einen Einfluss nehmen. Insbesondere energieintensive Baustoffsparten, wie die Zementindustrie, sind hiervon betroffen.

Ein Indikator, der in direktem Zusammenhang mit dem Ziel der Reduktion des Ressourcenbedarfs und der Treibhausgasemissionen steht, ist der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch. Ziel der Bundesregierung ist ein erneuerbarer Anteil von mindestens 18 % im Jahr 2020 bzw. 60 % im Jahr 2050. Für das Jahr 2010 wurde ein Wert von 10,9 % ermittelt. Damit ist der Anteil der erneuerbaren Energien über die letzten Jahre stark gestiegen. Die Struktur der erneuerbaren Energien teilt sich dabei in 38 % für die Stromerzeugung, 49 % für die Wärmeerzeugung und 13 % für biogene Kraftstoffe auf. Gebäude können durch z. B. die Integration von Photovoltaikerelementen zu einer Erhöhung des erneuerbaren Anteils an der Stromerzeugung beitragen. Die Wärmeerzeugung, die überwiegend zur Temperierung von Gebäuden eingesetzt wird, bietet ein großes Potenzial in der Anwendung von erneuerbaren Technologien, wie Geothermie, Solarthermie oder der Einbindung von Gebäuden in Nahwärmenetze, die durch Biogasanlagen gespeist werden. Für die Bauwerke der Infrastrukturen begrenzt sich der Einsatz von erneuerbaren Energien überwiegend auf die Baustoffherstellung und ggf. auf den Betrieb von Straßenbeleuchtungen und dergleichen.

Neben den Energie- und Emissionskennwerten wird im Indikatorenbericht zur Nachhaltigkeit des Statistischen Bundesamtes der Flächenverbrauch erfasst. Mittelfristiges Ziel der Bundesregierung ist eine Begrenzung des Zuwachses an Siedlungs- und Verkehrsfläche auf durchschnittlich 30 Hektar (ha) pro Tag. Wohnen ist zu einem erheblichen An-

teil Verursacher des Flächenverbrauches in Deutschland. Rund 53 % der Siedlungsfläche wurden im Jahr 2008 durch private Haushalte beansprucht. Dies ist ein Anstieg um 28,3 % zum Jahr 1992. Begründet ist dies durch die Zunahme der Wohnfläche pro Kopf. Zwischen 1993 und 2006 ist diese um 18,5 % von 36 m² auf 43 m² gestiegen.

Ein letzter Indikator, der durch Gebäude und Infrastruktur stark bestimmt wird, ist die Luftqualität. Im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes werden die vier Kennwerte Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und flüchtige organische Verbindung (NMVOC) berücksichtigt. Erweitern ließe sich diese Kennwertliste um den Faktor Feinstaubbelastung. Die Kennwerte werden zum einen durch die Baumaterialien und deren Herstellprozesse beeinflusst, zum anderen aber auch durch das Streckenprofil der Infrastruktur.

Das Bauwesen setzt sich seit längerem mit den Anforderungen der Nachhaltigkeit, insbesondere im Hochbau, auseinander. Sowohl in Deutschland als auch im internationalen Raum stehen etliche Lösungsansätze zur Verfügung, die Bauwerke auf ihre Nachhaltigkeitsqualität hin bewerten. Eine genauere Beschreibung dieser Lösungsansätze wird in den folgenden Kapiteln unternommen.

2.4.2 Stand aktueller Normungen und Reglementierungen in Deutschland

Es gibt eine Vielzahl an Gesetzen und Regelungen, die sich mit Teilaspekten der Nachhaltigkeit, wie z. B. der Energiewirtschaft, dem Baurecht oder dem Umweltrecht, befassen. Eine Auswahl an gesetzlichen Regelungen, die neben der Energiewirtschaft ebenfalls relevant für die Betrachtung der Nachhaltigkeit sind, wird in Tabelle 1 kurz zusammengefasst.

Kategorie	Bezeichnung	Beschreibung
Umweltrecht	BImSchG – Bundesimmissionsschutzgesetz	Schutz von Mensch und Umwelt vor schädlichen Umwelteinwirkungen, Vorbeugung der Entstehung schädlicher Einwirkungen
	UVPG – Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz	Sicherstellung, dass die Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen von Umweltprüfungen frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden und die Ergebnisse daraus entsprechend berücksichtigt werden
	WHG – Wasserhaushaltsgesetz	Schutz der Gewässer durch nachhaltige Gewässerbewirtschaftung
	KrW-/AbfG – Kreislaufwirtschafts- & Abfallgesetz	Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen
	BBodSchG – Bundesbodenschutzgesetz	Schutz des Bodens vor schädlichen Veränderungen und Vorgaben zur Sanierung von Altlasten

Tab. 1: Gesetze und Normen zur Nachhaltigkeit im Bauwesen (Auswahl)

Kategorie	Bezeichnung	Beschreibung
Öffentliches Baurecht	Bauordnungsrecht	Soll die von Bauvorhaben ausgehenden Gefahren verhindern und formelle Voraussetzungen für die Zulässigkeit eines Baus regeln
	EnEV – Energieeinsparverordnung	Festlegung der Energieeffizienz von Gebäuden bezogen auf die Gebäudehülle und die Anlagentechnik
	Bauplanungsrecht	Regelt die städtebauliche Planung
	RAS – Richtlinie für die Anlage von Straßen	Vorgabe für die Gestaltung von Straßen in Deutschland. Untergliedert in mehrere Teile, z. B. RAS-Ew (Entwässerung), RAS-LP (Landschaftspflege), RAS-W (Wirtschaftlichkeitsuntersuchung), RAS-L (Linienführung)
	FStrG – Bundesfernstraßengesetz	Beschreibt das System Bundesfernstraße mit den Zuständigkeiten und Randbedingungen
	PlaFeR – Richtlinie für die Planfeststellung nach dem FStrG.	Verfahren zur Beteiligung von Bürgern und Behörden an der Entwicklung eines Bauvorhabens
Normen & Normungsvorhaben	EN 15804	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Regeln für Produktkategorien
	ISO 15392	Nachhaltiges Bauen – Allgemeine Grundsätze
	ISO 21929-2	Hochbau – Nachhaltiges Bauen – Nachhaltigkeitsindikatoren
	ISO 21930	Hochbau – Nachhaltiges Bauen – Umweltdeklaration von Bauprodukten
	ISO 21931-1	Hochbau – Nachhaltiges Bauen – Bewertung der Auswirkungen von Gebäuden auf die Umwelt
	TR 15941	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen

Tab. 1: Fortsetzung

Deutlich wird hierbei, dass einschlägige internationale Normen lediglich für den Bereich des Hochbaus zur Verfügung stehen (z. B. ISO 21929-1). Im Bereich der Infrastruktur stehen die Normungsaktivitäten, z. B. mit dem Entwurf der ISO 21929-2, noch am Anfang.

2.4.3 Bestehende Nachhaltigkeitsbewertungssysteme für den Hochbau

Neben den zahlreichen gesetzlichen Regelungen steht im internationalen und nationalen Raum bereits eine Reihe an Systemen zur Verfügung, mit denen eine Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden möglich ist. Beispielsweise seien hier BRE Environmental Assessment Method (BREEAM), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), GreenStar, Haute Qualité Environnementale (HQE) sowie Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) und Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesbauten (BNB) genannt. Diese bewerten nicht nur die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen an Gebäude im jeweiligen Land, sondern sie gehen darüber hinaus und prüfen die freiwillige Erfüllung definierter Nachhaltigkeitsaspekte ab. Zudem haben sich viele Systeme als ein Marketing-Instrument in der Immobilienbranche etabliert.

Die beispielhaft genannten und auch die weiteren weltweit existierenden Systeme können jedoch nicht als gleichwertig eingestuft werden, sie weisen große Unterschiede hinsichtlich ihrer Auswahl an Kategorien und Kriterien und ihrer Bewertungsstrategie auf. So ist es beispielsweise nur schwer möglich, das Zertifizierungssystem „GreenStar“ aus Australien in Europa anzuwenden, da dort das Klima als wichtigster Faktor zur Bewertung von Gebäuden, insbesondere ihrer Energieeffizienz, angesehen wird. In Deutschland hingegen liegt der Schwerpunkt des Zertifizierungssystems vielmehr in der Ausgewogenheit der drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziokulturelles.

Daneben gibt es weitere Schwerpunkte, in denen sich die internationalen Zertifizierungssysteme unterscheiden. Eine genauere Darstellung der jeweils abgedeckten Punkte liefert Tabelle 2.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, folgt jedes Zertifizierungssystem seinen eigenen Ideen und Schwerpunkten. Sowohl die verwendeten Kriterien sind unterschiedlich als auch die allgemeine Herangehensweise. Im Gegensatz zu anderen Systemen verfolgen die Verfahren der Bewertungssysteme Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) und DGNB einen ganzheitlichen Bewertungsansatz, der die Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle

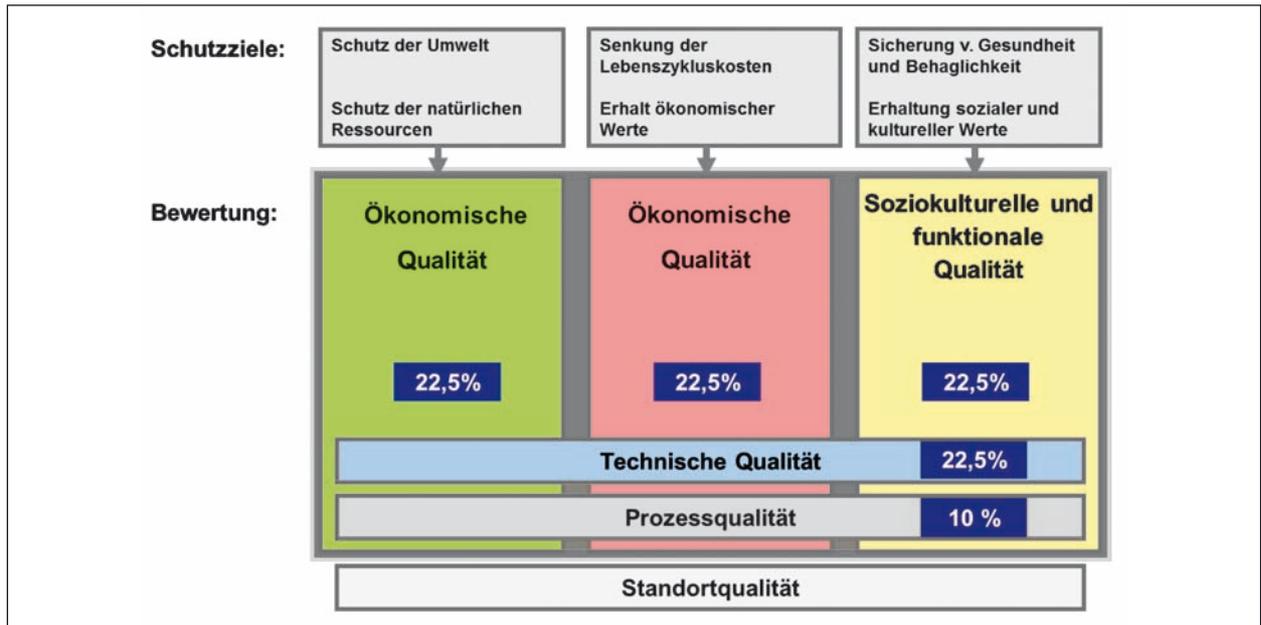


Bild 2: Bewertungsansatz der deutschen Nachhaltigkeitsbewertungssysteme im Hochbau

Kategorie	DGNB	GreenStar	BREEAM	CASBEE	LEED
Energy & Atmosphere	●	●	●	●	●
Water Efficiency	●	●	●	●	●
Materials & Resources	●	●	●	●	●
Renewable Energy	●	---	---	●	○
Pollution & Emissions	●	●	●	●	○
Indoor Environmental Quality	---	●	---	●	●
Health & Wellbeing	●	○	●	---	○
Economic Quality	●	---	---	---	---
Landuse & Ecology	---	●	●	●	---
Sustainable Sites	○	---	---	○	●
Waste & Recycling	●	---	●	---	○
Transport/Location & Linkages	●	●	○	---	○
Maintenance/Operation	●	---	---	○	---
Management	●	●	●	---	○
Socio-Cultural Aspects	●	---	---	---	---
Function	●	---	---	●	---
User Awareness/Education	---	○	●	---	---
Innovation/Design Process	---	●	---	---	●

● vollständige Berücksichtigung der Kategorie im Zertifizierungssystem
 ○ teilweise Berücksichtigung der Kategorie im Zertifizierungssystem
 --- keine Berücksichtigung der Kategorie im Zertifizierungssystem

Tab. 2: Berücksichtigung einzelner Nachhaltigkeitsaspekte in verschiedenen Bewertungssystemen [in Anlehnung an 11]

und funktionale Aspekte, Technik, Prozesse und den Standort berücksichtigt [12].

Bild 2 verdeutlicht die Bewertungsgrundlage von BNB und DGNB, in denen die drei Säulen der Nachhaltigkeit die Basis des Systems bilden. Ergänzt werden die drei Säulen der Nachhaltigkeit um die Aspekte der technischen Qualität und der

Prozessqualität, was die besondere Stellung dieser Gesichtspunkte im Bauwesen betonen soll. Die technische Qualität ist eine Querschnittsfunktion, die sowohl ökologische, ökonomische als auch funktionale Aspekte beeinflusst. Beispielfhaft sei hier die technische Qualität der Wartungsfreundlichkeit genannt, die sowohl die Kosten, den Ressourcenbedarf als auch die Verfügbarkeit eines Bauwerkes beeinflusst. Der Planungs- und Erstellungsprozess wird gesondert fokussiert, weil in dieser Phase die entscheidenden Voraussetzungen für ein nachhaltiges Bauwerk im Lebenszyklus gelegt werden. Mit dem Bewertungsansatz des DGNB bzw. BNB wird der komplette Lebenszyklus eines Gebäudes, von der Herstellung über die Nutzung bis zum Rückbau, berücksichtigt. Dies ist eine weitere Besonderheit des deutschen Systems, die so in den anderen Systemen nicht zu finden ist.

2.4.4 Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturbauwerken

Alle vorgestellten Nachhaltigkeitsbewertungssysteme wurden für Gebäude, d. h. für den Hochbau, entwickelt. Diese Systeme sind jedoch nur bedingt für Bauwerke außerhalb des Hochbaus anwendbar.

Im Bereich des Tiefbaus und Ingenieurbaus ist national noch kein System zur Bewertung der Nachhaltigkeit vorhanden, das mit denen des Hochbaus zu vergleichen wäre. In den vergangenen Jahren widmete sich die Forschungsarbeit mehr dem Feld der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden, da

diese ein hohes (Energie-)Einsparpotenzial bieten und es sich daher anbot, zunächst dieses bis dahin noch unangetastete Thema in Angriff zu nehmen.

International wurden erste Systeme zur Nachhaltigkeitsbewertung von Straßeninfrastruktur in den USA und der Schweiz entwickelt. Im Jahr 2001 wurde mit dem NISTRA-System (Nachhaltigkeitsindikatoren für Straßeninfrastrukturprojekte) in der Schweiz ein erster Ansatz erarbeitet. Im Jahr 2010 wurde das Greenroads-Rating-System in den USA veröffentlicht. Zudem gibt es seit 2012 Bestrebungen, im Rahmen der internationalen Normung einen Bewertungsansatz für die Nachhaltigkeit von Ingenieurbauwerken zu finden. Mit dem Entwurf der ISO/FDIS 21929 „Sustainability in buildings and civil engineering works – Sustainability indicators. Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works“ liegt ein erster Diskussionsansatz vor. Inhaltlich sind die bestehenden internationalen Systeme sehr unterschiedlich.

NISTRA-System

Das NISTRA-System ist als Entscheidungshilfe im Planungsprozess von größeren National- und Hauptstraßen vorgesehen. Es ist verpflichtend im Rahmen der Zweckmäßigskeitsbeurteilung anzuwenden. Grundprinzip des NISTRA ist die Kosten-Nutzen-Analyse mit dem Versuch einer weitestgehenden Monetarisierung der Nachhaltigkeitsaspekte. Wo dies nicht möglich ist, werden Nachhaltigkeitsaspekte mithilfe von Punkten quantifiziert oder qualitativ beschrieben. Die Nachhaltigkeitsaspekte werden in die drei Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt unterschieden [13]. Die Bewertung erfolgt getrennt und wird nicht kumuliert. Durch die getrennte Darstellung sollen eine hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit sichergestellt werden.

Im NISTRA-System sind keine Grenz- und Referenzwerte enthalten. Damit ist eine absolute Bewertung von Bauwerken nicht möglich. Der Betrachtungsrahmen des NISTRA-Systems konzentriert sich sehr stark auf die Lebenszyklusphase der Nutzung. Errichtung und End-of-Life werden weitestgehend ausgeblendet. So werden z. B. Umweltwirkungen nur aus dem Verkehr, jedoch nicht aus dem Bauprozess und den Baumaterialien bewertet.

Der Zeitpunkt der Anwendung des NISTRA liegt zu einem sehr frühen Zeitpunkt in der Entscheidungsfindung. Die Entscheidungshilfe soll überwiegend politische Entscheidungsprozesse für eine Infrastrukturmaßnahme unterstützen.

Die drei Säulen der Nachhaltigkeit werden mit dem NISTRA-System abgebildet und einer Bewertung zugeführt. Die Nachvollziehbarkeit der Bewertung ist sehr hoch, ermöglicht allerdings nur ein Vergleich an einem Standort.

Greenroads

Greenroads wurde 2010 als System für die Nachhaltigkeitsbewertung von Straßen vorgestellt. Es erfolgt eine Bewertung der Straßenbauprojekte während Entwurf und Realisierung. Die Anwendung des Bewertungssystems ist freiwillig und ersetzt nicht die gesetzlich vorgeschriebenen Planungsinstrumente. Greenroads stellt die Fortschreibung des LEED-Systems für Hochbauten auf die Infrastrukturbauten dar.

Das Bewertungssystem basiert auf einer Nutzwertanalyse. Der Nutzwert wird dabei nicht monetär ausgedrückt, sondern durch Punkte dargestellt. Die Anzahl der erreichten Punkte wird in Relation zu einem definierten Standard/Benchmark vergeben. Die Summe der erreichten Punkte bestimmt die Nachhaltigkeitsqualität der Strecke. Maximal können 118 Punkte erreicht werden. Zusätzlich sind 11 Pflichtkriterien zu erfüllen, die zwingend umzusetzen sind und nicht in die zu erreichenden Punkte hineinzählen. Anhand der prozentualen Zielerfüllung werden fünf Level des Zertifikates erreicht.

- kein Siegel < 30 %,
- Bronze 30 %-40 %,
- Silber 40 %-50 %,
- Gold 50 %-60 %,
- Evergreen > 60 %.

Die Punkte werden in sechs verschiedenen Kategorien vergeben. Dabei bilden die ersten fünf Kategorien folgende Aspekte ab:

- Umwelt und Wasser,
- Widerstandsfähigkeit,
- Bauablauf,
- Material- und Ressourcenverbrauch,
- Bauweise.

Zusätzlich sind Punkte für besonders innovative oder noch nicht wirtschaftliche Verbesserungen der Nachhaltigkeit möglich [14].

Zusammenfassend lässt sich Greenroads mit der deutschen Umweltverträglichkeitsprüfung, ergänzt um Lebenszyklus- und Sicherheitsaspekte, vergleichen.

Insgesamt ermöglicht Greenroads eine absolute Bewertung einer Strecke. Die Transparenz der Bewertung wird dabei durch die Addition der Punkte eingeschränkt, da nur aus der Gesamtpunktzahl die Qualität der einzelnen Aspekte nicht abgelesen werden kann. Zudem ist die gleichgewichtige Bewertung aller Säulen der Nachhaltigkeit nur bedingt gegeben. So werden keine direkten Kosten bewertet. Des Weiteren kann auch eine hohe Bewertung erzielt werden, wenn einzelne Aspekte keine Punkte erreichen. Aufgrund der Addition kann damit z. B. eine Evergreen-Auszeichnung erreicht werden, obwohl einzelne Nachhaltigkeitskriterien nicht erfüllt werden.

Entwurf ISO 21929-2

Mit dem Entwurf der ISO 21929-2 „Framework for the development of indicators for civil engineering works“ wurde im Herbst 2012 ein Vorschlag für Nachhaltigkeitsindikatoren bei Ingenieurbauwerken vorgestellt [15]. Die ISO 21929-2 ergänzt die ISO 21929, Teil 1 [16], welche die Nachhaltigkeitsindikatoren für Gebäude regelt.

Die Bewertungsmethoden für die einzelnen Nachhaltigkeitsindikatoren werden in einem getrennten Normenwerk beschrieben. Für den Hochbau ist dies die ISO 21931-1 „Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works – Part 1 Buildings“ [17]. Ein entsprechendes Dokument für Ingenieurbauwerke besteht noch nicht.

Der Entwurf der ISO 21929-2 sieht 18 Indikatoren vor, die die drei Säulen der Nachhaltigkeit – Ökonomie, Ökologie, Soziales – abdecken. Dies sind entsprechend dem Entwurf der Norm [15, S. 25]:

- „Einsatz von Energie,
- Einsatz von Materialressourcen,
- Einsatz von Wasser,
- Flächenverbrauch,
- Emissionen in die Luft,
- Lärm und Vibrationen,
- Emissionen ins Wasser,

- Emissionen in den Boden,
- Erhalt der Biodiversität,
- Erhalt des Landschaftsbildes,
- externe Kosten,
- Lebenszykluskosten,
- regionale Gemeinschaft,
- Entstehung neuer Arbeitsplätze,
- Schutz von Kulturgütern,
- soziale Einbindung und Akzeptanz,
- Risiko und Ausfallsicherheit,
- Gesundheit und Komfort“.

Die Ausgestaltung der Inhalte der benannten Kriterien wird durch die Normungsgremien aktuell noch erarbeitet.

Die Gegenüberstellung mit dem vorliegenden Bewertungssystem für Brücken zeigt, dass ein Großteil der genannten Aspekte in dem Bewertungssystem angesprochen werden, auch wenn diese teilweise unter anderen Oberbegriffen zusammengefasst sind. Im vorliegenden Bewertungssystem nicht beachtet wird die Schaffung neuer Arbeitsplätze durch die Ausgestaltung einer verbesserten Infrastruktur. Dieser Punkt geht über das bisherige Verständnis und die Systemgrenze eines Infrastrukturbauwerkes hinaus.

Die Auswertung der bestehenden Nachhaltigkeitsbewertungssysteme für Infrastrukturbauwerke zeigt, dass sich die Randbedingungen bei der Bewertung von Ingenieurbauwerken erheblich von denen der Hochbauten unterscheiden. Auf der einen Seite spielen der Standort bzw. die Trasse und deren Auswahl eine erhebliche Rolle. Auf der anderen Seite entfallen wesentliche Verbrauchsprozesse aus der Nutzung, (z. B. Heizung und Warmwasser). Stattdessen sind wiederum die externen Effekte, die durch die Nutzung der Infrastruktur entstehen, bedeutender und es besteht eine gegenseitige Beeinflussung von Infrastrukturelementen untereinander.

Die Analyse der bestehenden Systeme zeigt aber auch, dass diese die Nachhaltigkeit noch nicht vollständig bewerten. So deckt das NISTRA-System zwar alle Bereiche der Nachhaltigkeit ab, ermöglicht aufgrund der fehlenden Benchmarks aber nur

eine ortsgebundene Bewertung einzelner Lösungsvarianten, ohne Benchmarks zur Einordnung zu benennen. Greenroads hingegen ermöglicht die absolute Bewertung, betrachtet dabei aber überwiegend nur ökologische Aspekte und vernachlässigt damit den ganzheitlichen Ansatz der Nachhaltigkeit. Ein Bewertungssystem, welches den absoluten Vergleich in allen Säulen der Nachhaltigkeit ermöglicht, fehlt im internationalen Raum.

3 Anwendungsgebiet der Nachhaltigkeitsbewertung von Straßeninfrastruktur

Die Frage, wer das Nachhaltigkeitsbewertungssystem zu welchem Zweck und zu welchem Zeitpunkt anwendet, ist entscheidend für seine Konzeptionierung. Im Folgenden werden die Aspekte Ziel, Anwender, Bewertungsobjekt und Bewertungszeitpunkt diskutiert. Hier gehen die Erfahrungen aus Expertengesprächen mit Mitarbeitern aus Forschung, Verwaltung und Ingenieurbüros ein. Sofern noch keine genauen Vorstellungen existieren, werden Lösungsvorschläge aufgezeigt.

3.1 Ziel

Das zu konzeptionierende Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren soll laut Aufgabenstellung als Werkzeug für das Gesamtziel einer zukunftsfähigen Straßeninfrastruktur dienen. Das Ziel liegt also in einer leicht anwendbaren Nachhaltigkeitsbewertung zur Optimierung der Straßeninfrastruktur. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf Neubau, Ausbau sowie Erhaltung und Erweiterung der Straßeninfrastruktur. Das Projekt beschäftigt sich ausschließlich und gezielt mit der Straßeninfrastruktur und hat nicht einen Vergleich verschiedener Verkehrsträger (z. B. Schiene – Straße) zum Zweck.

Das Bewertungssystem soll als praxistaugliches Werkzeug in Planung, Ausschreibung und Realisierung eingebunden werden. Nach Auskunft des Auftraggebers sind keine Zertifizierung und Auszeichnung von Bauwerken analog zum Hochbau gewünscht. Somit ist die Vergabe eines Labels, vergleichbar zum Hochbau (Gold, Silber, Bronze), nicht angestrebt.

Noch ungeklärt ist bislang die Frage, ob das Bewertungssystem vor allem dazu dienen soll, ein

Bauwerk im Rahmen der gegebenen Bauaufgabe zu optimieren, oder auch dazu, seinen Gesamtbeitrag zur nachhaltigen Entwicklung abzuschätzen, und somit – in der Betrachtung der Summe der Bauaufgaben – dazu, die Fortschritte auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen Straßeninfrastruktur zu beobachten. Der Auftragnehmer empfiehlt, letztere Option zumindest offenzuhalten, und hat dies bei der Erstellung des Konzepts berücksichtigt.

Ein Nebenzweck der Methodik ist sicher darin zu sehen, dass sie dem Planer auch diejenigen Nachhaltigkeitsaspekte vor Augen führt, die er aus seiner Fachsicht und persönlichen Erfahrung bislang nicht oder nur wenig berücksichtigt hat. Die Methodik trägt damit allgemein zu einer Verbreitung und Verankerung des Nachhaltigkeitsgedankens bei.

Neben eher passiven Maßnahmen der Informationsübergabe bzw. Erfolgskontrolle sollte ein Nachhaltigkeitsbewertungssystem auch aktiv zur Steuerung der Bauwerksqualität und zur Begleitung eines Entscheidungs- und Auswahlprozesses eingesetzt werden. Dadurch kann gezielt auf eine hohe Bauqualität hingewirkt werden. Schlagworte, die hier eine positive Beeinflussung erfahren können, sind:

- Schonung von Ressourcen,
- Optimierung der Lebenszykluskosten,
- Steigerung der Planungssicherheit,
- Erhöhung der Bauqualität.

Durch die transparente und nachvollziehbare Gestaltung eines Bewertungssystems kann dieses auch den Kommunikationsprozess im Planungsteam, aber insbesondere auch mit der Öffentlichkeit positiv unterstützen. So lassen sich ggf. die Vorteile einer baulichen Aufgabe einfacher den Beteiligten darstellen und die Akzeptanz für diese in der Bevölkerung erhöhen.

3.2 Bewertungsobjekt

Das Bewertungsobjekt „Straßeninfrastruktur“ kann in folgende Elemente gegliedert werden, die getrennt bewertet werden sollten:

- freie Strecke und Knotenpunkte,
- Brücken,
- Tunnel.

Eine Abfolge mehrerer Elemente ergibt einen Streckenzug, der in seiner Gesamtheit ebenfalls Bewertungsobjekt sein kann (z. B. 10 km freie Strecke – 300 m Brücke – 15 km freie Strecke). Während es in frühen Planungsphasen bei der Linienfindung notwendig ist, verschiedene Streckenzüge zu vergleichen, können die Infrastrukturelemente nach Festlegung der Linie einzeln betrachtet werden (siehe hierzu auch Bild 3).

Für jedes Bewertungsobjekt sind in der Regel eigene Bewertungskriterien und -methoden zu entwickeln. Eine besondere Aufgabe besteht darin, die Bewertung eines kompletten Streckenzuges kohärent zur Bewertung der Einzelelemente zu gestalten.

Hinsichtlich der Straßenfunktion ist vorgesehen, jeweils Autobahnen, Landstraßen, anbaufreie Hauptverkehrsstraßen und angebaute Hauptverkehrsstraßen/Erschließungsstraßen zu betrachten (vgl. Bild 3). Für Straßen mit vorwiegender Aufenthaltsfunktion ist das hier vorgestellte Bewertungssystem nicht vorgesehen. Die Kategorien der Straßenfunktionen leiten sich dabei aus der Richtlinie für integrierte Netzgestaltung ab. Sie ist notwendig, um die unterschiedlichen Anforderungen der Straßentypen zielgenau abbilden zu können. Die Ergebnisse der Pilotstudie zum „Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“ (FE 15.0522/2011/FRB) haben zudem gezeigt, dass es notwendig sein kann, auch noch bauwerksbezoge-

ne Unterkategorien einzuführen. So ist z. B. bei den Brücken eine Gliederung entsprechend der Bauwerkslänge und der Bauwerkshöhe sinnvoll. In der Pilotstudie wurden zunächst drei Kategorien vorgeschlagen, die sich in Großbrücken (z. B. Talbrücken, Flussquerungen), Überführungsbauwerke und Kleinbrücken (z. B. Bachquerung, Fußgängerunterführung) unterscheiden lassen. Auch diese Unterscheidungen sind notwendig, weil unterschiedliche Anforderungen bestehen, die sich z. B. in der Konstruktionsweise, dem verwendeten Baumaterial etc. widerspiegeln.

Die Abgrenzung des Bewertungsrahmens (Welche Ausrüstungselemente, wie z. B. Verkehrszeichen, werden mit betrachtet? Werden Nebenanlagen, wie z. B. Rastplätze, einbezogen?) wird in den jeweiligen Forschungsprojekten erfolgen. Der Bewertungsrahmen ist dazu so eng wie möglich zu halten, wobei alle wesentlichen Einflüsse zu erfassen sind. Bestehen Zweifel, ob Unterelemente relevant werden können, so kann seitens der Forschungsnehmer folgende Empfehlung gegeben werden: Da das Bewertungssystem schrittweise entwickelt und aufgebaut wird, sollten Teile, die nicht dringlich erscheinen und die Arbeit am System verzögern würden, zurückgestellt werden. Für einen erfolgreichen Start des Systems sollte eher ein Kernsystem vollständig entwickelt sein. Dieses Kernsystem kann in der Folge um weitere Parameter oder Varianten ergänzt werden.

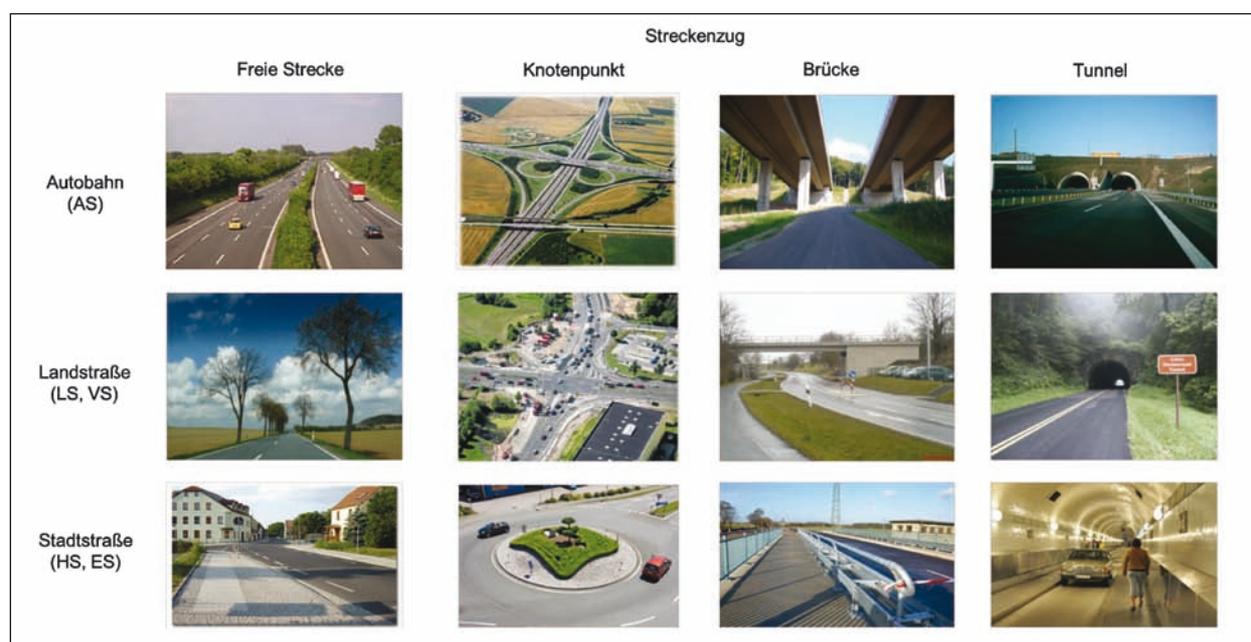


Bild 3: Gliederung der Straßeninfrastruktur

3.3 Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur

Für eine vorausschauende Nachhaltigkeitsbewertung muss der gesamte künftige Lebenszyklus des Infrastrukturelements betrachtet werden. Durch eine ganzheitliche Planung sollen alle künftigen Auswirkungen der Planungsentscheidungen beachtet werden. Die Wirkungen müssen daher für eine lange Zeitspanne abgeschätzt und in ihrer Summe betrachtet und bewertet werden. Für das Erkennen der Wirkungszusammenhänge ist ein klares Verständnis des Lebenszyklus grundlegende Voraussetzung. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle das Lebenszyklusmodell der Straßeninfrastruktur für das Bewertungskonzept erläutert werden. Ferner wird somit eine einheitliche Verwendung der Begriffe sichergestellt.

Üblicherweise werden drei Lebenszyklusphasen für Straßeninfrastrukturbauwerke unterschieden. Auf die Phase der Herstellung folgt die Nutzungsphase. Der Lebenszyklus endet mit der Beseitigung bzw. dem Ersatzneubau des Bauwerks.

Aufgrund der großen Bedeutung bei Infrastrukturbauwerken wird hier die Herstellphase weiter in die Planung (Entwurfsphase) und die Ausführung (Baudurchführung) unterteilt. Dabei stellt die Planung des Neubaus die Phase der größten Beeinflussbarkeit für die Nachhaltigkeit dar. Hier kann mit geringem Mitteleinsatz (finanziell und zeitlich) eine umfangreiche Optimierung erfolgen. An einem bestehenden Objekt sind die Freiheitsgrade durch die vorhandenen Randbedingungen für eine mögliche Optimierung sehr stark eingeschränkt, sodass nicht mehr eine vollumfängliche Optimierung möglich ist.

Die Nachhaltigkeitsbewertung soll zunächst vorrangig in der Planungsphase zum Einsatz kommen. Die Ausführungsphase stellt sodann die Umsetzung der Planung in die Realität dar und ist geprägt durch die Bauarbeiten.

Die Nutzungsphase ist die zeitlich längste Lebenszyklusphase. Während der Nutzung finden Betriebsprozesse und Erhaltungsprozesse statt. Innerhalb der Nutzungsphase kommt es in der Regel mehrfach zu Planungs- und Ausführungsprozessen im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen. Welche Maßnahmen hierunter zu verstehen sind, geht aus Tabelle 3 hervor. Entsprechend Norm DIN EN 1990 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung ist die geplante Nutzungsdauer von Brückenbauwer-

ken mit 100 Jahren anzusetzen und im Rahmen der Bemessung zu berücksichtigen.

Ein vollständiger Rückbau kommt für Streckenzüge selten infrage und ist hier nicht relevant. Er ist jedoch für Einzelelemente relevant, z. B. Brücken im Rahmen eines Bestandsersatzes. Hier sind die Unterphasen Rückbau und Entsorgung zu betrachten. In der Regel ist es jedoch nicht sinnvoll, die Lebenszyklusbetrachtung bis zur endgültigen Beseitigung zu führen, da der technische Fortschritt in der Aufbereitung von Baureststoffen nur mit großen Unsicherheiten vorhergesagt werden kann. Dies ist z. B. bei der Lebenszykluskostenberechnung der

Erhaltung	betriebliche Unterhaltung	Kontrolle	z. B. Straßenentwässerung, Markierung, Beschilderung, Reinigung, Reparatur
		Wartung	
	bauliche Unterhaltung	bauliche Unterhaltung	kleinflächige oder punktuelle Maßnahmen
		Instandsetzung	größerflächige Maßnahmen (z. B. Neueinbau Deckschicht)
	Erneuerung	größerflächige Maßnahmen (z. B. Neueinbau Decke)	
Ausbau, Umbau			Veränderung der Qualität
Erweiterung			Erhöhung der Kapazität (z. B. weiterer Fahrstreifen), Seitenstreifen
Neubau			Neuanlage der Straße

Tab. 3: Abgrenzung Erhaltung, Neubau, Änderung in Anlehnung an [24, 25, 26]

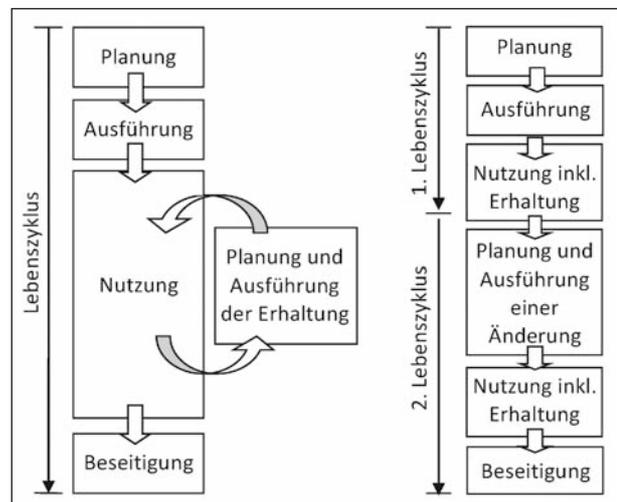


Bild 4: Lebenszyklusphasen und Abgrenzung der Lebenszyklen

Fall, wenn die Abbruchkosten eines Bauwerkes in 100 Jahren betrachtet werden sollen.

Stattdessen wird das Ende des (ersten) Lebenszyklus bei einer Änderung wie z. B. Verlegung, Ausbau oder Erweiterung, angesetzt.

Bild 4 stellt die Lebenszyklusphasen und die Abgrenzung zwischen verschiedenen Lebenszyklen anschaulich dar.

3.4 Bewertungszeitpunkt im Lebenszyklus

Eng mit dem Lebenszyklus verbunden ist der Bewertungszeitpunkt, zu dem die Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus durchgeführt wird (siehe auch Bild 5).

Aus der Zielstellung für das Bewertungskonzept der Straßeninfrastruktur ergibt sich, dass ein planungsbegleitendes Instrument gewünscht wird. Es sind daher mehrere Bewertungszeitpunkte vorgesehen. Die Bewertung erfolgt insbesondere vor den maßgebenden Planungsentscheidungen.

Dabei liegt die Planungsentscheidung, ob ein Straßenbauprojekt durchgeführt werden soll, außerhalb des Betrachtungsrahmens dieser Methodik. Sie berührt nicht die Bedarfsermittlung bzw. die Erstellung

des Bundesverkehrswegeplans und der daraus abgeleiteten Ausbaugesetze und Bedarfspläne. Diese politischen Entscheidungen können durch Nachhaltigkeitsaspekte unterstützt werden, entziehen sich jedoch der Bewertungsmethode. Die Entscheidung, dass eine Straßenverbindung zwischen zwei Punkten geschaffen, ausgebaut oder erneuert werden soll, ist somit durch übergeordnete Entscheidungsträger bereits gefallen.

Die erste maßgebende Planungsentscheidung, für die das Bewertungssystem Anwendung findet, liegt in der Bestimmung der Linie. Einen weiteren wichtigen Entscheidungszeitpunkt stellt die Planfeststellung dar, da der festgestellte Plan bereits alle wesentlichen Entscheidungen des Straßenentwurfs enthält. Für Ingenieurbauwerke liegen die maßgebenden Entscheidungen hin zur ausführungsfähigen Planung nach der Planfeststellung. Schließlich können die Ausschreibung und die Vergabeentscheidung als „planungsbegleitende“ Maßnahme gesehen werden.

Um die Zielerreichung überprüfen zu können, muss jedoch auch der geplante SOLL-Zustand mit dem ausgeführten IST-Zustand abgeglichen werden. Hierzu ist noch mindestens ein weiterer Bewertungszeitpunkt nach Fertigstellung bzw. Inbetriebnahme erforderlich.

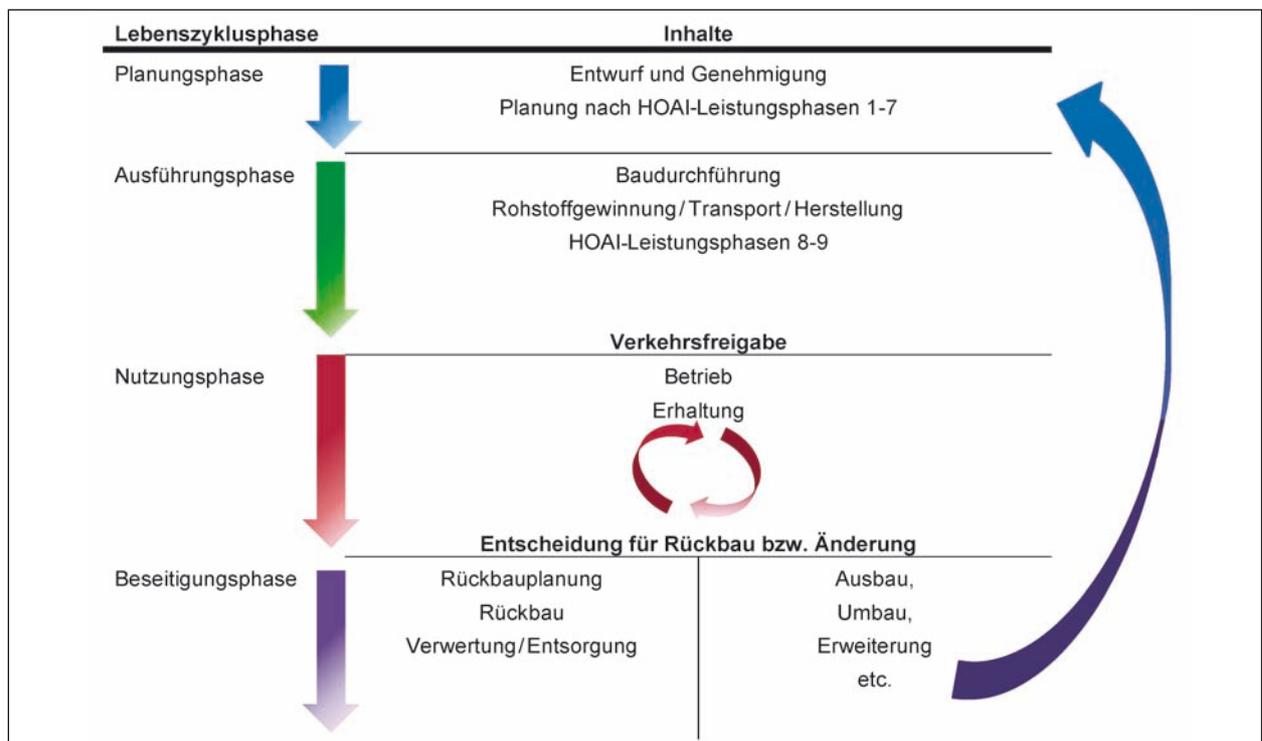


Bild 5: Mögliche Bewertungszeitpunkte im Lebenszyklus

Um zu überprüfen, ob der Betrieb den Planungen entspricht sind turnusmäßige Bewertungen im weiteren Lebenszyklus denkbar. Diese könnten auch im Bestand durchgeführt werden, um ein Gesamtbild der Straßeninfrastruktur und der Verbesserungspotenziale zu erhalten.

Spätestens bei der Planung umfangreicher Instandsetzungs- oder Ausbaumaßnahmen ist die Bewertungsmethode im Bestand anzuwenden und ggf. mit vergleichbaren Nachhaltigkeitsaspekten wie im Neubau zu durchlaufen. Beispielhaft ist der Lebenszyklus eines Infrastrukturbauwerkes in Bild 5 dargestellt.

Für jeden Bewertungszeitpunkt sind im System eigene Bewertungskriterien und -methoden zu entwickeln. Diese liegen für das Bewertungsobjekt „Brücke“ zum Zeitpunkt „Fertigstellung“ bereits vor. Das System sollte nun schrittweise ergänzt werden, zunächst um die Zeitpunkte „Ausschreibung und Vergabe“ bzw. Ausführungsplanung.

3.5 Anwender und Einbindung ins Planungsteam

Das Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren soll in der Straßenbauverwaltung angewendet werden. Es wendet sich an Fachplaner auf dem Gebiet des Straßenwesens. Unter diesen finden sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur wenige mit vertieften Kenntnissen auf dem Bereich der Nachhaltigkeit. Die Anwender sind damit zugleich Experten (Straßenwesen) als auch Laien (Nachhaltigkeitsbewertung). Es ist daher zu überlegen, wie die praktikable und korrekte Anwendung des Systems garantiert werden kann.

Zum einen sind Schulungen denkbar, die Wissen auf dem Gebiet der Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastruktur vermitteln. Derartige Schulungen werden auf dem Gebiet des Hochbaus mittlerweile von Ingenieurkammern, Hochschulen und Fortbildungsakademien angeboten.

Eine weitergehende Qualifizierung der Anwender kann erreicht werden, wenn – analog zum Bewertungssystem des Hochbaus – nur zertifizierte Planer zugelassen werden. Für den Bereich der Straßeninfrastruktur wäre ein solches Vorgehen nicht zielführend. Gleichwohl muss auch hier sichergestellt sein, dass die Anwendung des Bewertungssystems korrekt erfolgt und die vorgelegten Ergebnisse vertrauenswürdig sind. Unkritisch wäre es

sicher, wenn beschlossen wird, innerhalb der Auftragsverwaltung nur geschulte Mitarbeiter mit der Nachhaltigkeitsbewertung zu betrauen. Es ist jedoch vergaberechtlich fraglich, von externen Planern eine Ausbildung der oben dargestellten Art zu fordern. Im Rahmen der weiteren Forschungsprojekte (insb. FE 09.0163/2011/LRB „Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur“) ist zu klären, in welcher Art für Planungsleistungen oder Bauleistungen eine Präqualifikation auf dem Gebiet der Nachhaltigkeitsbewertung nachgewiesen werden kann.

Es kann auf eine Präqualifikation auf dem Gebiet der Nachhaltigkeitsbewertung verzichtet werden, wenn die korrekte Anwendung des Systems durch Dokumentation sichergestellt ist. Hierzu kann zum einen der geplante Leitfaden dienen. Zum anderen sind Anleitungen zur Bewertung entsprechend unmissverständlich auszuformulieren. Schließlich sind Anforderungen an die Dokumentation der Bewertung zu stellen, um nachvollziehbare und nachprüfbar Bewertungen zu erhalten.

Im Rahmen der Bekanntmachung zur Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen [5] ist zudem eine Qualitätssicherung gefordert. Diese soll sicherstellen, dass die getroffene Bewertung korrekt ist. Dafür ist eine Prüfung der Bewertungsunterlagen durch eine unabhängige Person vorzusehen. Diese könnte z. B. dezentral innerhalb der jeweiligen Straßenbauverwaltungen eingerichtet werden. Es ist jedoch auch eine zentrale Prüfung z. B. bei der Bundesanstalt für Straßenwesen, dem BMVBS oder einer anderen, ggf. neu zu schaffenden Stelle vorstellbar. Vorteil einer zentralen Stelle ist, dass die Daten leichter für statistische Zwecke aufbereitet werden können und eine gleichbleibende Qualität bei der Bewertung sichergestellt werden kann, da der Überblick über alle Bauvorhaben vorhanden ist. Zudem sind in einer zentralen Einrichtung sehr wahrscheinlich Personen beschäftigt, die in Vollzeit mit der Nachhaltigkeitsbewertung betraut sind und daher sich eine hohe Fachkompetenz aneignen können. Für eine dezentrale Qualitätssicherung spricht die tendenziell höhere Flexibilität und dass immer ein Fachexperte als Ansprechpartner in der Straßenbauverwaltung vor Ort ist.

Ein Schema, wie die Einbindung der Nachhaltigkeitsbewertung aussehen könnte, ist in Bild 6 dargestellt. Der Bewerter (Auditor) wird durch die Auf-

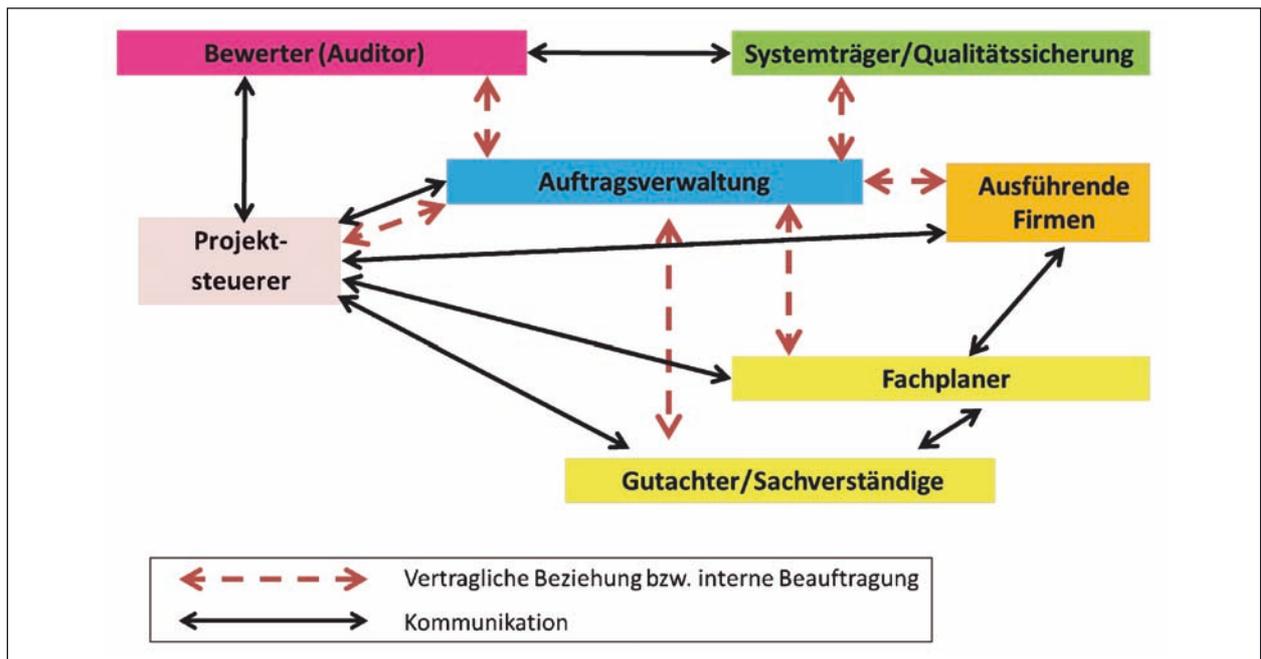


Bild 6: Planungsbeteiligte und Einbindung der Nachhaltigkeitsbewertung

tragsverwaltung beauftragt bzw. innerhalb der Auftragsverwaltung für die Betreuung des Projektes abgestellt. Der Bewerter bringt seinen Input in das Planungsteam über den Projektsteuerer und dessen Planungsrounds ein. Der bisher übliche Planungsablauf wird dadurch nicht verändert, sondern nur um die Position eines Nachhaltigkeitsplaners erweitert. Abhängig von der Projektgröße und der Projektkomplexität sowie dem Wissenstand der einzelnen Planungsbeteiligten können einzelne Positionen auch in einer Person zusammengefasst werden. Die Form der Qualitätssicherung ist noch zu definieren. In der Regel kommuniziert aber nur der Bewerter mit der Qualitätssicherung und gibt Hinweise von dort ins Planungsteam weiter.

4 Vorüberlegungen zum Konzept

4.1 Formaler Aufbau

4.1.1 Nutzwertanalyse als Entscheidungsverfahren

Das Konzept sieht vor, dass das Bewertungsverfahren im Kern auf einer Nutzwertanalyse beruht. Im Bereich der Straßenplanung kommen derzeit auch andere Entscheidungsverfahren zum Einsatz. Die Untersuchungen gemäß den „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen

(EWS)“ stellen zum Beispiel eine Kosten-Nutzen-Analyse dar. Bei einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung werden die Ergebnisse verbal argumentativ bewertet. Im Folgenden wird dargestellt, warum die Nutzwertanalyse für die Nachhaltigkeitsbewertung besonders geeignet ist.

In der Nutzwertanalyse wird ein vorgegebenes Ziel – hier z. B. eine zukunftsfähige Straßeninfrastruktur – in Unterziele zerlegt. Die Unterziele können in einer hierarchischen Struktur angeordnet werden und müssen untereinander gewichtet werden. Zu jedem Unterziel wird ein messbares Kriterium definiert, das den Nutzwert einer Planungsvariante (häufig von 0 bis 1) bezogen auf das Unterziel angibt. Aus der gewichteten Summe der Einzelnutzwerte ergibt sich der Nutzwert der Planungsvariante. Die Planungsvariante mit dem höchsten Nutzwert wird als die vorteilhafteste Alternative angesehen.

Die Nutzwertanalyse zeichnet sich als Entscheidungsverfahren vor allem in der Klarheit und leichten Verständlichkeit aus. Sie ermöglicht die direkte Vergleichbarkeit verschiedener Alternativen und ist flexibel an die zu untersuchenden Ereignisse anzupassen. Sie ist im deutschsprachigen Raum verbreitet. Ihre Funktionsweise ist auch Laien direkt einsichtig. Sie ist mathematisch einfach auszuwerten, z. B. mit schnellen selbst erstellten Tabellenkalkulationen. Da das berechnete Ergebnis ist eindeutig. Verbal argumentative Methoden, wie z. B.

die ABC-Analyse, haben demgegenüber den Nachteil, dass das Ergebnis der Interpretation bedarf und damit ggf. ein nicht für alle Parteien eindeutiges Ergebnis liefert.

Die Nachteile der Nutzwertanalyse liegen vor allem in den Anforderungen an die Messbarkeit der Kriterien und der Wahl der Gewichtung. Alle Bewertungskriterien müssen messbar sein oder messbar gemacht werden. Hier ist vor allem die Wahl des Maßstabs für jedes Kriterium neu zu klären (Wann liegt der volle Nutzwert vor, wann ein Nutzwert von null, wie ist die Abstufung dazwischen?). Subjektive Kriterien (z. B. Wie ästhetisch ansprechend ist die Variante?) müssen meist aufgrund fehlender Messbarkeit entfallen. Gegenüber einer Kosten-Nutzen-Analyse ergibt sich jedoch der Vorteil, dass jedes Kriterium mit einem eigenen Maßstab gemessen werden kann und nicht in Kosten ausgedrückt werden muss. Die Kosten-Nutzen-Analyse ist ein Entscheidungsinstrument, welches die Aufwendungen anhand von Geldeinheiten darstellt und diese dem entstehenden Nutzen gegenüberstellt. Die Kosten-Nutzen-Analyse eignet sich insbesondere, wenn die monetären Kosten direkt bestimmt werden können. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein Gut bzw. eine Dienstleistung im Markt gehandelt wird. Das Problem ist die Formulierung der Kosten, wenn ein Gut nicht gehandelt wird, z. B. Menschenleben, Zeitverlust, Umweltgüter. Die Nutzwertanalyse ermöglicht, durch die Definition spezifischer Gewichtungen und Maßstäbe eine Entscheidungsfindung ohne Zwang zur Monetarisierung.

Über die Gewichtung kann das Ergebnis gesteuert werden, die Reihenfolge der Planungsvarianten kann durch unterschiedliche Gewichtungen umgekehrt werden. Die Wahl der Gewichtung ist daher mit Sorgfalt durchzuführen, sollte mittels statistischer Methoden im Bewertungssystem erfolgen.

Eine methodische Einschränkung der Nutzwertanalyse liegt darin, dass die Unterziele voneinander nutzenunabhängig sein müssen. (Beispiel zur Erläuterung: Zum Oberziel „Schnelle Reisegeschwindigkeit“ gäbe es die beiden Unterziele „Übersichtlichkeit der Strecke“ und „Erhaltungszustand der Fahrbahn“. Diese sind nutzenabhängig: Kann wegen schlechter Fahrbahnverhältnisse nur langsam gefahren werden, so kann eine größere Übersichtlichkeit auch keinen größeren Nutzwert ergeben.) In der Praxis kann eine weitgehende Nutzenunabhängigkeit durch die Vorgabe von Mindestanforderungen erreicht werden.

Als Ergebnis des Abwägungsprozesses erscheint die Nutzwertanalyse als das geeignete Instrument für die Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur. Dies resultiert aus der flexiblen Anwendbarkeit bei gleichzeitig leichtem Verständnis für die Nutzer.

4.1.2 Bewertungssystem Hochbau als Orientierung

Dem Konzept für das Bewertungsverfahren der Brücken wurde die Nutzwertanalyse zugrunde gelegt, auf der auch das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) bzw. die deutschen Zertifizierungssysteme für den Hochbau (DGNB) basieren. Es wird empfohlen, den formalen Aufbau des Bewertungssystems stark am System für den Hochbau zu orientieren und damit formal auch die Kriterien für die Anerkennung von Bewertungssystemen zum nachhaltigen Bauen des BMVBS zu erfüllen [5].

Die prinzipielle Übertragbarkeit wurde zudem bereits im Rahmen von Vorarbeiten und in den Diskussionen der Arbeitsgruppe und deren Vorläufer, dem Arbeitskreis Infrastrukturbauwerke, bestätigt. Der Auftragnehmer erachtet es als sinnvoll, die Begriffe und Systematik in beiden Systemen, Hochbau und Straßeninfrastruktur, gleichartig zu verwenden und sich bei Konventionen, z. B. Verteilung der Gewichtung, am Hochbausystem zu orientieren. Das Hochbausystem stellt mit über 550 nach DGNB oder BNB zertifizierten Objekten einen erprobten Konsens interessierter Kreise dar. Außerdem eröffnet sich damit die Möglichkeit, weitere Bewertungssysteme, z. B. für Verkehrsinfrastruktur der Schiene, analog einzuführen.

4.2 Elemente des Bewertungssystems

Ein Bewertungssystem setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen, die aufeinander aufbauend das Bewertungsziel darstellen. Zwischen den einzelnen Elementen findet eine zunehmende Verdichtung der Informationen vom Spezifischen zum Allgemeinen statt. Bild 7 stellt die Elemente eines Bewertungssystems anschaulich dar.

Basis des Bewertungssystems sind die Kriterien bzw. Indikatoren. Kriterien fokussieren einen Aspekt, der einen Teilbereich der Nachhaltigkeit darstellt (z. B. Ausstoß an Treibhausgasen), und müssen auf die Besonderheiten der Straßeninfrastruktur ausge-



Bild 7: Elemente eines Bewertungssystems

richtet sein. Der Indikator für das Kriterium „Ausstoß an Treibhausgas“ ist $\text{kg CO}_2\text{-Äquiv./Bezugseinheit}$. Einzelne Kriterien werden thematisch zu Kriteriengruppen zusammengefasst.

Ziel für ein transparentes und objektives Bewertungssystem sollte es sein, möglichst alle Kriterien messbar zu machen. Hierfür ist für jedes Kriterium eine passende Bewertungsmethode notwendig, deren Ergebnis als Zahlenwert darstellbar sein muss. Auch für „weiche“ Kriterien oder solche, für die es keine praktikable Berechnungsmethode gibt, kann ein solcher Zahlenwert geschaffen werden, indem etwa eine Checkliste vorgegeben wird. Wie im Kapitel 4.1 bereits dargestellt, ermöglicht dies die Anwendung der Nutzwertanalyse, welche als Entscheidungsinstrument als sehr geeignet angesehen werden kann. Im Beispiel des Kriteriums „Ausstoß an Treibhausgasen“ ist die Bewertungsmethode die Berechnung einer Ökobilanz unter definierten Randbedingungen, z. B. entsprechend DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044.

Um von dem Ergebnis (z. B. ein Ökobilanzwert von $100 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$) zu einer Bewertung zu kommen, bedarf es eines Maßstabs. Er kann sich beispielsweise ergeben aus dem Verhältnis zwischen einer Zielvorgabe, einem Grenzwert und dem Ist-Wert (z. B. Zielvorgabe $\text{max. } 50 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$, Grenzwert $\text{max. } 150 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$). Durch Zuordnung von Punkten zu den einzelnen Ziel-, Grenz- und Ist-Werten kann der Nutzen dargestellt werden. Z. B.:

Zielwert = $\leq 50 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$ = 10 Punkte,

Ist-Wert = $100 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$ = 5 Punkte,

Grenzwert = $\geq 150 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$ = 1 Punkte.

Es empfiehlt sich, im Bewertungssystem immer die gleiche Anzahl von Punkten für den Zielwert und den Grenzwert zu vergeben. Die Punktevergabe zwischen Zielwert und Grenzwert kann linear oder in einer anderen beliebigen eindeutigen Funktion erfolgen. Hierbei soll die optimale Punktzahl (= Zielwert) auch jeweils die höchste Nachhaltigkeitsqualität in dem Kriterium darstellen.

Für die Ermittlung einer Gesamtbewertung im Bewertungssystem müssen die einzelnen Kriterien zueinander in Relation gesetzt, d. h. in der Nutzwertanalyse gegeneinander gewichtet werden.

Bei der Bewertung und Gewichtung sind drei Begriffe zwingend zu unterscheiden.

Maßstab: Festlegung der maximal und/oder minimal zu erzielenden Werte im Kriterium (z. B. $\text{max. } 100 \text{ kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2 = 5 \text{ Pkt.}$),

Bedeutung: Anteil eines Kriteriums an der Zielerreichung einer Kriteriengruppe (z. B. eine Bedeutungszahl zwischen 1 und 3, wobei ein Kriterium mit 3 die dreifache Bedeutung zu einem Kriterium mit der Bedeutungszahl 1 hat),

Gewichtung: Verteilung der Bewertungsanteile zwischen den Kriteriengruppen (z. B. 22,5 % des Gesamtergebnisses werden durch die Kriteriengruppe Ökologie bestimmt).

Das Konzept für das Bewertungssystem sieht vor, die Kriterien in fünf Hauptkriteriengruppen zu gliedern. Diese fünf Hauptkriteriengruppen sind die ökologische Qualität, die ökonomische Qualität, die soziokulturelle und funktionale Qualität, die technische Qualität und die Prozessqualität. Sie spiegeln die sogenannten drei Säulen der Nachhaltigkeit – Umwelt, Wirtschaft, und Soziales – wider und tragen dem Umstand Rechnung, dass eine sorgfältige technische Umsetzung und eine verantwortungsvolle Ausgestaltung der Prozesse am Bau Grundvoraussetzungen für nachhaltiges Bauen sind.

Im Rahmen der bisherigen Diskussionen wurde festgelegt, die fünf Hauptkriteriengruppen entsprechend der Bekanntmachung des BMVBS zur Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen zu gewichten [5]:

- 22,5 % = ökologische Qualität,

- 22,5 % = ökonomische Qualität,
- 22,5 % = soziokulturelle und funktionale Qualität,
- 22,5 % = technische Qualität,
- 10,0 % = Prozessqualität.

Die in Tabelle 4 dargestellte Bewertung (aus FE 15.0522/2011/FRB „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“) verdeutlicht die Systematik am Beispiel „Brücke“. Sie enthält in der ersten Spalte die Hauptkriteriengruppen und in der zweiten Spalte die Kriteriengruppen. In der dritten und vierten Spalte sind nummeriert die Kriterien aufgelistet. Den Hauptkriteriengruppen wird eine Gewichtung von jeweils 22,5 % für ökologische, ökonomische, soziokulturelle/funktionale und technische Qualität und von 10 % für die Prozessqualität zugeordnet (Spalte 10). In den jeweiligen Hauptkriteriengruppen sind den einzelnen Kriterien Bedeutungsfaktoren zwischen 0 und 3 zugeordnet, um den Anteil eines Kriteriums innerhalb seiner Gruppe hervorzuheben (Spalte 8). Hierbei wird der Bedeutungsfaktor 0 gewählt, wenn ein Kriterium nicht aktiv bewertet werden kann bzw. soll. Die Bewertung eines Kriteriums erfolgt einheitlich auf einer Skala von 0 bis 10 Bewertungspunkten (Spalte 6 und 7). Zur Gesamtbewertung sind die erzielten Bewertungspunkte mit dem Bedeutungsfaktor zu multiplizieren, auf die innerhalb der Hauptkriteriengruppe gesamt erreichbaren Bewertungspunkte zu beziehen und über die Kriterien der Hauptkriteriengruppe zu summieren. Der errechnete Wert wird als Erfüllungsgrad bezeichnet (Spalte 9). Die Erfüllungsgrade werden anhand der Gewichtung der Hauptkriteriengruppen zum Gesamterfüllungsgrad hochgerechnet (Spalte 11).

Der Umweg der Gewichtung über Bedeutungsfaktoren und Gruppengewichtung kann als umständlich und unnötig kritisiert werden. Aus den Bedeutungsfaktoren und der Gruppengewichtung lässt sich ein Einzelgewicht für jedes Kriterium angeben. Am Beispiel lässt sich erkennen, dass ein gleicher Bedeutungsfaktor nicht zu einem gleichen Einzelgewicht führen muss. In Tabelle 4 hat das Kriterium Nr. 1.1 „Treibhauspotenzial“ bei einem Bedeutungsfaktor von 3 ein Einzelgewicht von 4,5 % an der Gesamtbewertung, während das Kriterium Nr. 2.1 „Direkte bauwerksbezogene Kosten im Lebenszyklus“ bei einem Bedeutungsfaktor von ebenfalls 3 ein viel größeres Einzelgewicht von 13,5 % an der Gesamtbewertung erhält. Diese scheinbare logische

Schwäche ist notwendig, um die Balance zwischen den Hauptkriteriengruppen zu erhalten. Im Beispiel wird die ökologische Qualität durch viel mehr Kriterien beschrieben als die ökonomische Qualität. Entsprechend der Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs besitzen jedoch beide Hauptkriteriengruppen dasselbe Gewicht. Das geringe Einzelgewicht des ökologischen Kriteriums wird durch die größere Anzahl der ökologischen Kriterien ausgeglichen. So ist es möglich, innerhalb einer Hauptkriteriengruppe je nach Erfordernis die Anzahl der Kriterien zu ändern, ohne das Gesamtgewicht zu verschieben. Die Einführung des Bedeutungsfaktors als „Kunstgriff“ hat noch den weiteren Vorteil, dass Kriterien, die im Einzelfall nicht zutreffend sind, „ausgeschaltet“ werden können, indem der Bedeutungsfaktor auf null gesetzt wird, ohne das gesamte Vorgehen infrage zu stellen.

Die Ergebnisse der Bewertung sollten anschließend übersichtlich in einem Dokument zusammengefasst werden. Im Hochbau wird dieses Dokument als „Zertifikat“ bezeichnet. Dieser Begriff könnte auch im Bewertungssystem für die Straßeninfrastruktur verwendet werden, selbst wenn hier kein Zertifizierungsprozess angestrebt ist. Wenn Begriffsverwechslungen zum Begriff „Zertifizierung“ vermieden werden sollen, könnte das Dokument als „Urkunde“, „Ergebnissteckbrief“, „Nachhaltigkeitsausweis“ o. Ä. bezeichnet werden. Das Dokument sollte über ein repräsentatives Deckblatt verfügen und ergänzt werden um weitere erläuternde Seiten. Es sollte dabei mindestens die folgenden Bestandteile enthalten:

- Nennung des bewerteten Objektes,
- Nennung des Bewertungszeitpunktes,
- Nennung des Bewertungssystems,
- Nennung des Bewerbers und ggf. der ausstellenden Organisation,
- Darstellung des Bewertungsergebnisses und ggf. einzelner Teilergebnisse, z. B. der Kriteriengruppen,
- falls vorhanden: Darstellung des Logos des Bewertungssystems.

Der Grad der Informationsverdichtung ist dabei zu diskutieren. Denkbar ist die Aggregation auf eine Endnote, aber auch die Darstellung von verschiedenen Endbewertungen z. B. auf der Ebene der Kriteriengruppen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Hauptkriterien- gruppe	Kriterien- gruppe		Nr. / Titel	Gewichtung Einzel- kriterium Gesamt- bewertung	Punkte- kriterium		Be- deutungs- faktor	Erfül- lungs- grad	Ge- wichtung Gruppe	Gesamt- erfüllungs- grad				
					IST	SOLL								
Ökologische Qualität	Wirkung auf die globale Umwelt	1.1	Treibhauspotenzial (GWP)	4,500%	7,3	10	3	72,5%	22,5%	70,5%				
		1.2	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)	1,500%	7,3	10	1							
		1.3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	1,500%	0	10	1							
		1.4	Versauerungspotenzial (AP)	1,500%	7,5	10	1							
		1.5	Überdüngungspotenzial (EP)	1,500%	8,3	10	1							
		1.6	Risiken für die lokale Umwelt	1,500%	8,3	10	1							
		1.8	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt	0,000%		10	0							
	Ressourcen- anspruchnahme und Abfallaufkommen	1.10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	4,500%	7,4	10	3							
		1.11	Primärenergiebedarf erneuerbar (PEe)	1,500%	3,3	10	1							
		1.12	Wasserbedarf und Abwasseraufkommen	0,000%		10	0							
		1.13	Flächeninanspruchnahme	0,000%		10	0							
		1.14	Abfall	0,000%		10	0							
		Ökono- mische Qualität	Lebenszykluskosten	2.1	Direkte bauwerksbezogene Kosten im Lebenszyklus	13,500%	10				10	3	100%	22,5%
			Weiterentwicklung	2.2	Externe Kosten infolge von baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung	9,000%	10				10	2	52%	22,5%
Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit	3.1	Lärmschutz	5,625%	6,7	10	2							
		3.2	Komfort	5,625%	3,6	10	2							
	Funktionalität	3.3	Umnutzungsfähigkeit	5,625%	3,2	10	2							
		3.4	Betriebsoptimierung	5,625%	7,2	10	2							
		3.5	Sicherheit gegenüber Störfallrisiken (Security)	0,000%		10	0							
Technische Qualität	Qualität der technischen Ausführung	4.1	elektrische und mechanische Einrichtungen	2,813%	5	10	1	64,4%	22,5%					
		4.2	Konstruktive Qualität	8,438%	7,5	10	3							
		4.3	Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	5,625%	5	10	2							
		4.4	Verstärkung und Erweiterbarkeit	2,813%	6	10	1							
		4.5	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	2,813%	8	10	1							
Prozessqualität	Qualität der Bauausführung	5.1	Qualifikation des Planungsteams und Qualität der Planung	3,750%	5,8	10	3	55,3%	10,0%					
		5.2	Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in der Ausschreibung	2,500%	8	10	2							
		5.3	Baustelle/Bauprozess	0,000%		10	0							
		5.4	Qualität der ausführenden Firmen/ Präqualifikation	0,000%		10	0							
		5.5	Qualitätssicherung der Bauausführung	3,750%	3,6	10	3							

Tab. 4: Muster einer Bewertungstabelle für Brücken

Aufbauend auf diesem Dokument wäre auch ein Label bzw. eine Plakette analog zum Hochbau möglich, was für die Straßeninfrastruktur jedoch nicht notwendig ist. Ein Label dient in der Regel der Vermarktung und kann öffentlichkeitswirksam am Bewertungsobjekt positioniert werden.

Sinnvoll und notwendig ist die einheitliche Einführung von Kriteriensteckbriefen. Die Kriteriensteckbriefe sollen in tabellarischer Form Informationen zum Kriterium und eine Anleitung zu dessen Bewertung liefern. Ein Vorschlag des nachfolgend erläuterten Kriteriensteckbriefaufbaus ist in Tabelle 5 dargestellt. Zusätzlich findet sich ein Beispiel in Anlage 1.

Im Kopf des Steckbriefs werden der Name des Kriteriums und seine Nummer genannt, sowie die Kriteriengruppe, zu der es gehört. Außerdem sind hier das Bewertungsobjekt und ggf. der Bewertungs-

zeitpunkt anzugeben, für die der Steckbrief gilt. Die Bewertungsmethode kann sich nämlich für dasselbe Kriterium je nach Bewertungsobjekt und -zeitpunkt unterscheiden.

Im oberen Teil des Steckbriefs sind unter „Zielsetzung & Relevanz“ bzw. „Beschreibung & Kommentar“ allgemeine Informationen zum Kriterium anzugeben. Sie erklären dem Anwender den Hintergrund zum Kriterium und seine Bedeutung für die zukunftsfähige Straßeninfrastruktur.

Im mittleren Teil des Steckbriefs wird die Bewertungsmethode benannt und beschrieben. Evtl. wird auf Anlagen oder Literatur verwiesen, die zur Durchführung der Bewertung nötig oder hilfreich sind. Der Bewertungsmaßstab wird angegeben, das heißt die Zuordnung des Bewertungsergebnisses zu den Bewertungspunkten.

Bewertungssystem Straßeninfrastruktur	
Hauptkriteriengruppe:	NAME
Kriterium:	NAME Kriterien-Nr.: XXX
Bewertungsobjekt:	hier Bewertungsobjekt eintragen (Name und ggf. Nr.)
Bewertungszeitpunkt:	hier Bewertungszeitpunkt eintragen (Planungsstatus und Datum)
Bewertungsgegenstand:	hier Bewertungsgeg. eintragen: z. B. Landstraße, Bundesstraße, etc.
Allg. Informationen:	
Zielsetzung & Relevanz:	Hintergrund des Kriteriums & Bedeutung für zukunftsfähige Straßeninfrastruktur
Beschreibung & Kommentar:	
Bewertung:	
Bewertungsmethode:	
Beschreibung der Methode:	
Bewertungsmaßstab:	Zuordnung des Bewertungsergebnisses zu den Bewertungspunkten
Erläuterung der Bewertung, Interpretationshinweise:	nicht zwingend
Hinweise:	
Dokumente, Normen, Rechenhilfen etc.	
Anmerkungen, Hinweise, Kommentare	insb. Anwendungshinweise für das Kriterium

Tab. 5: Muster eines Kriteriensteckbriefs

Im unteren Teil des Steckbriefs werden Verweise auf Dokumente, Normen und Rechenhilfen, sowie allgemeine Hinweise für den Anwender gegeben.

Im Rahmen der bisherigen Ausarbeitungen und Diskussionen gab es neben der Einigung auf die fünf Hauptkriteriengruppen und deren Gewichtung folgende Festlegungen:

1. Die Kriterien und Indikatoren innerhalb der einzelnen Hauptkriteriengruppen werden durch die entwickelnden Arbeitsgruppen selbst definiert.
2. Die Bedeutungszahlen der einzelnen Kriterien werden durch die entwickelnden Arbeitsgruppen selbst definiert. Zunächst ist nur die Vergabe der ganzzahligen Bedeutungszahlen 1, 2 und 3 vorgesehen.
3. Der Maßstab wird durch die entwickelnden Arbeitsgruppen selbst definiert. Von hoher Bedeutung ist dabei, welcher Vergleichsmaßstab definiert wird. Denkbar ist ein absoluter und ein relativer Vergleich. Auf die jeweiligen Inhalte wird im Kapitel 4.3 eingegangen. Eine Entscheidung hierzu ist noch nicht getroffen worden. Die Punkte zum Maßstab werden ganzzahlig zwischen 1 und 10 vergeben.
4. Die Indikatoren zur Bewertung der jeweiligen Kriterien sind durch die entwickelnden Arbeitsgruppen zu definieren. Es ist darauf zu achten, dass möglichst quantitativ messbare Indikatoren gewählt werden. Nur wenn dies nicht möglich ist, sind qualitative Bewertungen zulässig.
5. Die Kriteriengruppen und Gewichtungen werden entsprechend den Vorgaben des BMVBS zur Anerkennung von Bewertungssystemen gewählt.

4.3 Absoluter oder relativer Vergleich

In der Diskussion der Arbeitsgruppen ist immer wieder die Frage des relativen oder absoluten Vergleiches diskutiert worden, ohne eine einvernehmliche Lösung zu finden. Daher sollen hier zunächst die Vor- und Nachteile einer jeden Variante diskutiert werden, um dem Auftraggeber die Möglichkeit zu geben, eine Entscheidung herbeizuführen.

Eine relative Bewertung bedeutet, beispielsweise verschiedene Brückenentwürfe für einen bestimmten Standort zu vergleichen, um die beste Variante unter den zur Verfügung stehenden Lösungsansät-

zen zu bestimmen. Eine absolute Bewertung bedeutet, die Qualität einer Brücke bzw. mehrerer Lösungsvarianten für einen Standort werden im Vergleich zu einer Referenzbrücke gesetzt.

Grundsätzlich ist bei der Entscheidungsfindung zu beachten, dass die „absolute“ Bewertung auch immer den relativen Vergleich ermöglichen sollte. Somit stellt der absolute Vergleich eine Erweiterung des relativen Vergleichs dar. Da die Umsetzung der beiden Varianten mit Vor- und Nachteilen verbunden ist, sollen nachfolgend Argumente für Pro und Contra zu jedem Ansatz gezeigt werden:

Relativer Vergleich

- Vorteile
 - Flexiblere Anpassung an die standortspezifischen Randbedingungen, da die Kriterien und ggf. Maßstäbe individuell festgelegt werden können.
 - Bewertung anhand der besten bzw. schlechtesten Variante im Entscheidungsraum möglich. Dadurch muss kein übergreifender Benchmark gefunden werden, was die Entwicklung des Systems sehr stark vereinfacht.
- Nachteile
 - Kein Vergleich zu Bauwerken außerhalb der erarbeiteten Lösungsvarianten möglich. Im Worst-Case sind alle Lösungsvarianten nicht nachhaltige Konzepte und es wird nur der „Beste“ der „Schlechten“ ermittelt.
 - Individuelle Festlegung der Kriterien und Maßstäbe birgt die Gefahr, dass nur die Aspekte betrachtet werden, die das gewünschte Ergebnis produzieren. Das Ergebnis ist dann subjektiv gesteuert. Ggf. kann dies durch eine zentrale Qualitätssicherung kompensiert werden.
 - Keine Vergleichsmöglichkeit zwischen verschiedenen Standorten und unterschiedlichen Variantenbewertungen, da für jedes Verfahren eigene Kriterien definiert werden.

Absoluter Vergleich

- Vorteile
 - Vergleich der Nachhaltigkeitsqualität eines Entwurfes kann mit dem Durchschnitt der ge-

samen Straßeninfrastruktur verglichen werden.

- Durch die Definition von Benchmarks lässt sich die Nachhaltigkeitsqualität gezielt steigern.
 - Durch die Erfassung aller Elemente der Straßeninfrastrukturen lässt sich eine Gesamtaussage zur Nachhaltigkeitsqualität der Straßeninfrastruktur erstellen.
 - Durch die Vorgabe fixer Kriterien und Maßstäbe ist die subjektive Einflussnahme begrenzt. Die Qualitätssicherung muss daher nicht so stark ausgeprägt sein.
- Nachteile
 - Definition der Benchmarks/Maßstäbe für die Bewertung ist schwierig und aufwändig. Die Benchmarks lassen sich wahrscheinlich nur durch einen iterativen Prozess über einer steigenden Anzahl von Bewertungen definieren.
 - Feststehender Kriterienkatalog mit einer Grundgesamtheit an Nachhaltigkeitsaspekten, die bei allen Bauwerken eines Straßeninfrastrukturelementes bewertet werden können. Ggf. auftretende standortspezifische Sonderfragen können nur schwierig in der Bewertung integriert werden, weil es einen festen Kriterienkatalog gibt.

Als Lösungsidee, um die Vorteile beider Verfahren zu vereinen, ist in den Arbeitsgruppen eine Mischlösung diskutiert worden. Diese sieht einen fix definierten Grundkatalog von Kriterien vor, die immer zu bewerten sind. Diese erhalten eine Gewichtung von z. B. 70 % auf die Endbewertung. Die übrigen 30 % können durch standortspezifische Kriterien ergänzt werden.

4.4 Clusterung/Klassierung

Wird ein absoluter Vergleich angestrebt, so ist es für die Angabe eines treffenden Bewertungsmaßstabs nötig, die Bewertungsobjekte nach Ähnlichkeitsmerkmalen zu gruppieren. Zunächst wird hier eine Unterscheidung der Straßeninfrastruktur bezüglich des Einsatzortes im Netz vorgenommen. Es werden hier drei Gruppen (nach Richtlinie für integrierte Netzgestaltung [21]) unterschieden.

- I. AS – Autobahnen außerhalb und innerhalb von bebauten Gebieten,

- II. LS – Landstraßen außerhalb bebauter Gebiete,
VS – anbaufreie Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld und innerhalb bebauter Gebiete,
- III. HS – angebaute Hauptverkehrsstraßen innerhalb bebauter Gebiete,
ES – Erschließungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete.

Es ergibt sich daraus eine Matrix zur Strukturierung der Bewertungsobjekte, die in Bild 3 bereits dargestellt wurde. Diese Strukturierung ist auch bei einem relativen Vergleich sinnvoll, da es beispielsweise bei angebauten Straßen zusätzliche Kriterien geben kann, die bei anbaufreien Straßen entfallen und umgekehrt.

Bei absoluter Bewertung kann eine weitere Klassierung notwendig werden. Hierfür sollte in den Forschungsprojekten, soweit abschätzbar, ein Vorschlag gemacht werden. Im Pilotprojekt Brücken (FE 15.522/2011/FRB „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“) zeigte sich beispielsweise, dass der Bewertungsmaßstab für die ökologische Bewertung der Brücken unterschiedlich sein sollte. Daher wurde hier eine Klassierung in drei Brückengrößen, mit noch festzulegenden Grenzwerten, vorgeschlagen:

- kurze Brücken (Überführungsbauwerke, Länge kleiner X, Pfeilerhöhe kleiner Y),
- mittlere Brücken,
- Großbrücken (Talbrücken, Länge größer X, Pfeilerhöhe größer Y).

4.5 Nachhaltigkeitskriterien für Straßeninfrastruktur

Im Folgenden werden Nachhaltigkeitsziele für den Bereich der Straßeninfrastruktur dargestellt, die sich aus dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung ableiten. Die hier genannten Kriterien sind zum Teil auch im System des Hochbaus zu finden, soweit es sich um allgemeine, das Bauen betreffende Themen handelt. Zum größeren Teil entstammen sie jedoch für den Straßenverkehr typischen Problemfeldern. Die hier aufgeführten Kriterien dienen der Veranschaulichung der Problemfelder und der Nachhaltigkeitsziele. Sie geben einen Zwischenstand der Diskussionen der Arbeitsgruppe wieder

und sollen den anderen Forschungsprojekten als Gedankenstütze dienen. Die endgültige Auswahl der Kriterien erfolgt in den jeweiligen Forschungsprojekten.

4.5.1 Ökologische Qualität

Ein allgemeines Ziel des Bauens besteht darin, schädliche Wirkungen auf die globale Umwelt zu vermeiden, insbesondere Emissionen in Luft, Wasser und Boden zu verringern. Hier ist zwischen bauwerksbedingten und nutzungsbedingten Emissionen zu unterscheiden.

Bauwerksbedingte Emissionen werden durch die sowohl beim Neubau als auch bei der Erhaltung verwendeten Baustoffe verursacht, deren Herstellung, Transport und Einbau. Sie entstehen vor allem in den Vorketten, das heißt bei der Rohstoffentnahme und bei der Bereitstellung von Energie. Direkte Emissionen beim Einbau können nur bei speziellen Bauverfahren, welche z. B. aufwändige Hilfskonstruktionen erfordern, relevant werden.

Nutzungsbedingte Emissionen entstehen durch den Straßenverkehr vor allem als direkte Emissionen der Verbrennungsmotoren und als indirekte Emissionen in den Vorketten bei der Treibstoffherstellung. Sofern diese Emissionen nicht durch die Planung, den Bau und die Unterhaltung der Straßeninfrastruktur beeinflusst werden können, sind sie für die Bewertung als irrelevant auszuklammern, auch wenn sie betragsmäßig die bauwerksbedingten Emissionen überwiegen. Dies trifft in der Regel für alle Emissionen des nutzenden Verkehrs zu. Die Ausnahme bilden zusätzliche Emissionen, z. B. bei Trassenvarianten mit erhöhtem Treibstoffbedarf oder bei baubedingten Verkehrsbeeinträchtigungen. Letzterer Gesichtspunkt wurde bereits im Steckbrief Nr. 1.8 „Umweltwirkungen infolge baubedingter Verkehrsbeeinträchtigungen“ in FE 15.494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit“ in Anlehnung an Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Straßen (EWS) [22] berücksichtigt und umgesetzt. Die Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus (FE 15.0522/2011/FRB) hat jedoch gezeigt, dass eine stochastische Prognose der Verkehrsentwicklung nur bedingt möglich ist. Insbesondere die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in ferner Zukunft ist sinnvoll begründet nicht möglich. Daher ist im Forschungsvorhaben der Ansatz gewählt

worden, die Verkehrsentwicklung für einen überschaubaren Zeitraum in der Zukunft (z. B. 15 Jahre) zu prognostizieren und anschließend von einem gleichbleibenden Verkehrsaufkommen auszugehen.

Anerkannte Kriterien für diese Emissionen sind das Treibhauspotenzial (CO₂-Äquiv.), das Ozonschichtzerstörungspotenzial (R11-Äquiv.), das Ozonbildungspotenzial (C₂H₄-Äquiv.), das Versauerungspotenzial (SO₂-Äquiv.) und das Überdüngungspotenzial (PO₄-Äquiv.). Für nicht alle Wirkungskategorien ist der Beitrag der Straßeninfrastruktur gemessen an den Gesamtemissionen aller Wirtschaftssektoren gleichermaßen relevant. Da es bei der Auswertung einer Ökobilanz jedoch praktisch keinen Mehraufwand bedeutet, alle Wirkungskategorien mitzuführen, wird empfohlen, zunächst keine Kriterien zu streichen und stattdessen geringere Bedeutungsfaktoren zu wählen.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung werden die Indikatoren Treibhausgasemissionen, Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃) und flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) regelmäßig durch das Statistische Bundesamt ermittelt. Die Zielvorgaben der Bundesregierung definieren dabei eine Reduzierung der Schadstoffemissionen für Treibhausgase um 40 % bis zum Jahr 2020 und 80 bis 95 % bis zum Jahr 2050 zum Vergleichsjahr 1990 [20, S. 10]. Der Zielwert der Bundesregierung für die weiteren Luftschadstoffe ist eine Reduzierung um 70 % zum Basisjahr 1990 im Jahr 2010. Entsprechend den letzten Berechnungen des Statistischen Bundesamtes wurde dieser Zielwert verfehlt [20, S. 45].

Ein weiteres Ziel besteht darin, schädliche Wirkungen auf die lokale Umwelt zu vermeiden, sei es durch lokal wirksame Emissionen oder Eingriffe. Die sich hier ergebenden Problemfelder werden größtenteils im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung angesprochen. Hieraus können passende Kriterien abgeleitet werden. Lärmemissionen werden (per Konvention) in den Bereich der soziokulturellen Qualität eingeordnet.

Es ist zwischen Wirkungen des fertig gestellten Bauwerks und zeitlich begrenzten Wirkungen durch die Bauarbeiten zu unterscheiden. Zu nennen wären z. B. die Wirkungen des Bauwerks auf Flora und Fauna (gefährdete Arten, Wildwechsel) oder der Einfluss von Brückenpfeilern auf den Hochwasserabfluss. Bei den Baumaßnahmen ist an Er-

schütterungen, Staubentwicklung und Abfallaufkommen zu denken, sowie an Grundwassereingriffe und Bodenbewegungen. Auch bauwerksbedingte Emissionen aus dem Betrieb, z. B. Eintrag von Taumitteln, oder Eintrag von Verunreinigungen durch Anstriche, sind zu berücksichtigen.

Dabei ist die Bedeutung von langfristigen oder irreversiblen Wirkungen größer einzuschätzen als die von kurzfristigen reversiblen Wirkungen während des Baus.

Schließlich kann als ökologisches Ziel eine Verringerung der Ressourceninanspruchnahme genannt werden. Als relevante Ressourcen sind der Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie, an sonstigen materiellen Rohstoffen, der Wasser- und Flächenbedarf zu nennen.

Die Kriterien Primärenergiebedarf erneuerbar und nicht erneuerbar werden analog zu den Ökobilanzkriterien berechnet und sind ebenso für Baustoffe und bauwerksbedingten Verkehr relevant.

In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird hierzu der Indikator Primärenergieverbrauch ermittelt. Zielvorgabe ist eine Reduzierung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland um 20 % von 2008 bis 2020 und um 50 % von 2008 bis 2020 [20, S. 7]. Zudem ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 60 % zu steigern. Hier ist der Einfluss der Infrastrukturbauwerke als gering einzustufen.

Der Bedarf an materiellen Rohstoffen ist groß. Vor allem im Bereich der mineralischen Ressourcen (z. B. Sand, Kies, Tonstein, Kalkstein, Gipsstein und Feldspat, Eisenerze) sind diese Rohstoffe in Deutschland aus Sicht der Autoren in der Regel jedoch nicht knapp. Allenfalls regional können Engpässe bestehen. Im Straßenbau ist außerdem der Bedarf an Bitumen relevant, der eine knappe nicht erneuerbare Ressource darstellt. Erneuerbare Materialien (z. B. Holz) spielen eine untergeordnete Rolle. Es böte sich an, das Kriterium „Ressourcenschonung“ im Rahmen der Ökobilanz zu erfassen, jedoch fehlt derzeit ein anerkannter Indikator. Mit dem Indikator abiotischer Ressourcenverbrauch wird aktuell ein entsprechendes Nachweisinstrument vorbereitet. Ersatzweise können die Kriterien „Recycling“ „Nachwachsende Rohstoffe“ zur Ressourcenschonung verwendet werden. Der Grundgedanke hierbei ist, dass nicht erneuerbare Materialien durch Verwendung von Recyclingmaterial und Substitution mit erneuerbarem Material

geschont werden können. Derzeit sind allerdings die technischen Möglichkeiten, Bitumen aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen, noch nicht ausgereift und eine Wiederverwertung von Straßenbaubitumen nur als „Downcycling“ möglich. Als Kriterium „Recycling und Abfall“ könnte die Thematik auch unter den lokalen Wirkungen eingeordnet werden.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird das Thema der Ressourcenschonung durch den Indikator Rohstoffproduktivität abgebildet. Dieser Indikator bildet eine Verhältniszahl aus dem Bruttoinlandsprodukt, welches je eingesetzter Tonne abiotischem Primärmaterial erwirtschaftet wird. Als Träger großer Massen hat das Bauwesen hier eine besondere Verpflichtung, die Zielvorgabe der Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 (Basisjahr 1994) zu erreichen [20, S. 8].

Der Wasserbedarf über den Lebenszyklus ist im Bereich der Straßeninfrastruktur im Vergleich zum Hochbau gering. Relevant kann ggf. der Wasserbedarf zum Spülen der Entwässerung oder bei Bauarbeiten werden. Abwasser aus der Nutzung, wie im Hochbau aus Toiletten und Küchen, sind bei Infrastrukturbauwerken nicht vorhanden. Für ablaufendes Regenwasser von der Fahrbahn ist eine Rückführung in den Wasserkreislauf anzustreben.

Der Flächenbedarf von Straßeninfrastruktur ist zwar groß, jedoch kann er nur in geringem Maße durch die Planung beeinflusst werden. Zu betrachten wären hier ein unterschiedlicher Flächenbedarf verschiedener Varianten sowie ein vorübergehender Flächenbedarf während der Bauarbeiten. Die Problematik des Flächenbedarfs besteht dabei in einer Beeinträchtigung der ökologischen Funktion des Bodens (Puffer- und Filterkapazität, Regulierung des Wasserhaushalts etc.) und in der Landschaftszerschneidung [23]. Das Kriterium kann auch den lokalen Wirkungen zugeordnet werden.

Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung sieht die Begrenzung der neuen Flächeninanspruchnahme auf 30 ha pro Tag im Jahr 2020 vor. Aktuell liegt der Anteil der Verkehrsflächen an den neu in Anspruch genommenen Siedlungs- und Verkehrsflächen bei ca. 27 % [20, S. 14 f.].

4.5.2 Ökonomische Qualität

Die ökonomische Qualität ließe sich theoretisch durch ein einziges Kriterium, nämlich anhand der Maximierung des Barwertes der volkswirtschaftlichen Erträge abzüglich der Kosten, darstellen. Dies wäre jedoch wenig praktikabel, da es eine vollständige Monetarisierung und Internalisierung aller Kosten erforderte. Stattdessen werden die Ziele in der Minimierung der direkten Kosten für den Bau- lastträger und der Minimierung der durch das Bauwerk verursachten externen Kosten gesehen.

Die direkten Kosten sind als Barwert aus Bau, Betrieb, Unterhalt, Bauwerksinstandsetzung, Fahrbahnerneuerung etc. zu ermitteln.

Externe Kosten sollten in Anlehnung an die Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Straßen (EWS) [22] ermittelt werden. Bei der Einführung der Richtlinie für die Anlage von Straßen; Teil: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (RAS-W) ist ggf. eine Anpassung notwendig. Im Rahmen der Bewertung werden aktuell nur Betriebs- und Zeitkosten infolge von baubedingten Verkehrsbeeinträchtigungen betrachtet. Unfallkosten, wie nach EWS möglich, werden aktuell nicht bewertet, können aber ggf. ergänzt werden. Ebenfalls nicht beurteilt werden externe Betriebsaufwendungen durch die Streckengestaltung. Beispiel hierfür ist die Veränderung des Treibstoffverbrauchs durch den Rollwiderstand des Straßenbelags.

Im Forschungsprojekt „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“ (FE 15.0522/2011/FRB) hat sich gezeigt, dass die Stauprognose nur eingeschränkt möglich ist. Die Verkehrsentwicklung, welche ein Gradmesser für die Nutzung der Straßeninfrastruktur ist, ist nur bedingt vorhersagbar. Prognosen für die Verkehrsentwicklung sind begründet nur für die nahe Zukunft möglich. Wie bereits im Kapitel 4.4.1 beschrieben, ist daher der Vorschlag erarbeitet worden, zunächst die Verkehrsentwicklung nur für einen begrenzten Zeitraum zu prognostizieren und anschließend von einem gleichbleibenden Verkehrsaufkommen auszugehen. Denkbar ist z. B. ein Prognosezeitraum von 15 Jahren. Zukünftig sollten noch weitere Forschungsaktivitäten auf die Weiterentwicklung der Verfahren zur Stauprognose gelegt werden.

Die Bestimmung der externen Kosten ist aufgrund der Schwierigkeiten bei der Stauprognose und der in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Probleme bei der

Bestimmung des Geldwertes einzelner Güter (z. B. Zeitverlust) von einer hohen Unsicherheit geprägt. Dies ist bei der Wertung und Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

Externe ökologische Kosten werden in der Hauptkriteriengruppe ökologische Qualität direkt berücksichtigt (z. B. CO₂-Emissionen) und nicht monetarisiert.

4.5.3 Soziokulturelle und funktionale Qualität

Die Ziele zur soziokulturellen Qualität sind für Straßeninfrastruktur vor allem in der Gewährleistung von Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit zu sehen. Ein besonders relevantes Kriterium ist hier der Lärmschutz. Auch z. B. der Fahrkomfort, die Wegeführung für Fußgänger, Sichtverhältnisse und Blickbeziehungen, (Verkehrs-)Leitsysteme etc. können hier als Kriterium herangezogen werden. Der Übergang zum Thema Sicherheit ist hierbei fließend. Die Zuordnung zur jeweiligen Kriteriengruppe geschieht per Konvention.

Ein weiteres wesentliches Ziel besteht darin, die angemessene Funktionalität der Straßeninfrastruktur zu gewährleisten. Sehr bedeutsam ist in diesem Zusammenhang die Sicherheit, sowohl im Sinne von Sicherheit gegenüber Störfällen (Security) als auch im Sinne von Verkehrssicherheit (Safety). Ein relevantes Kriterium lässt sich jedoch nur ableiten, wenn darauf im Rahmen der Planung wesentlicher Einfluss genommen werden kann. Hier ist zu diskutieren, inwiefern angesichts technischer Regeln auf der einen Seite und des Wirtschaftlichkeitsgebots auf der anderen Seite noch Planungsspielraum besteht. Zu den weiteren Kriterien können z. B. die Umnutzungsfähigkeit, Kapazitätsreserven oder die Betriebsoptimierung zählen.

4.5.4 Technische Qualität

Die Qualität der technischen Ausführung zu steigern und somit die Funktionalität des Bauwerks dauerhaft sicherzustellen wird ebenfalls als Nachhaltigkeitsziel angesehen. Die Kriterien hängen stark vom betrachteten Infrastrukturelement (Strecke, Brücke etc.) ab und können z. B. für Brücken die elektrischen und mechanischen Einrichtungen, Wartungsfreundlichkeit, Instandhaltungsfreundlichkeit, Robustheit oder Demontagefreundlichkeit umfassen.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Bewertungssystems sollten für die einzelnen Elemente

der Straßeninfrastruktur spezifische Aspekte ergänzt werden. Die Bearbeiter der in Kapitel 5 vorgestellten Module sind hierzu angehalten.

4.5.5 Prozessqualität

Zu den Zielen der Nachhaltigkeit zählt es ebenfalls, durch Gestaltung von Prozessen positiv zur nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Die oben genannten Nachhaltigkeitsziele können nur mit geeigneten beteiligten Personen und Unternehmen sowie zweckmäßigen Verfahren umgesetzt werden. Deren Auswahl kann also als Kriterium herangezogen werden. Auch Maßnahmen zur Kontrolle, Qualitätssicherung und Monitoring werden als Kriterien angesehen. Je nach Bewertungszeitpunkt werden Kriterien der Planung, der Bauausführung oder des Betriebs relevant.

Neben der gezielten Steuerung der Planung und Ausführung eines Bauwerkes ist die nachvollziehbare Dokumentation entscheidend für alle späteren Maßnahmen im Lebenszyklus. Daher ist auch die Dokumentation des Planung und des Bauwerkes Inhalt der Nachhaltigkeitsbewertung.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Bewertungssystems können durch die Bearbeiter der im Kapitel 5 beschriebenen Module zusätzlich Aspekte hinzugefügt werden.

4.6 Vorgabe eines Betrachtungszeitraums

Die Länge des tatsächlichen Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur ist bei der Planung unbekannt. Verkehrsprognosen, auf die sich die Planung beziehen kann, reichen in der Regel nicht weiter als maximal 20 Jahre. Die Lebensdauer von Elementen der Straßeninfrastruktur liegt jedoch größtenteils deutlich darüber. Beispielsweise geht man für Ingenieurbauwerke planmäßig von einer Lebensdauer von 100 Jahren aus. Im Konzept ist vorgesehen, dass die Lebenszyklusbetrachtung bis zum Ende des Lebenszyklus, also bis zur Beseitigung oder zur ersten maßgeblichen Änderung geführt werden muss. Wann eine solche Änderung, zum Beispiel der Ausbau einer Autobahn, erfolgt, ist jedoch nicht abzuschätzen, da sie jenseits des Prognosehorizonts liegt. Das Bewertungskonzept sieht daher vor, einen angenommenen Lebenszyklus ohne wesentliche Änderungen und damit einen Bewertungszeitraum vorzugeben. Um die Effekte er-

fassen zu können, die sich aus dem Rückbau von Teilelementen der Infrastruktur ergeben, ist es nötig, den Betrachtungszeitraum an der Lebensdauer dieser Teilelemente auszurichten. Würde ein Streckenzug z. B. nur für die kommenden 20 Jahre betrachtet, so könnten die Auswirkungen eines Lagertausches, der ggf. in 40 Jahren nötig würde, nicht erfasst werden.

Für das Konzept schlägt der Auftragnehmer zunächst einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren vor, der im Rahmen der weiteren Forschungsprojekte gegebenenfalls angepasst werden kann. Es wird heute davon ausgegangen, dass Ingenieurbauwerke diese Nutzungsdauer erreichen können. Die Vergangenheit zeigt zwar, dass es wahrscheinlich ist, dass innerhalb dieser Spanne wesentliche Änderungen an der Strecke auftreten werden. Auch liegen die tatsächlichen Nutzungsdauern von Ingenieurbauwerken der Vergangenheit infolge von Schadensfällen zum Teil deutlich darunter. Diese Änderungen oder Schadensereignisse sind jedoch unbekannt und könnten nur mithilfe von Szenarien erfasst werden. Stattdessen wird ein theoretischer Lebenszyklus ohne wesentliche Änderungen unterstellt. Während dieses Lebenszyklus treten nur planmäßige Instandsetzungen und Erneuerungen der Fahrbahn und Instandsetzungen von Bauteilen ein. Der Turnus dieser Erhaltungsmaßnahmen ist in einem Katalog für das Bewertungssystem vorzugeben und wo möglich in den einzelnen Forschungsprojekten festzulegen. Im Projekt FE 15.494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit“ wurden bereits Nutzungsdauern für Bauteile von Brücken angegeben (z. B. Beton für Kappen 25 Jahre, Kalottenlager 40 Jahre etc.). Für alle übrigen Randbedingungen (z. B. prognostizierte Verkehrsstärke, Preissteigerung, Emissionswerte, Fertigungstechnologien, ...) muss gelten, dass die heutigen Annahmen für den gesamten Betrachtungszeitraum gültig bleiben, denn der Technologiefortschritt kann und soll im vorgestellten Konzept nicht berücksichtigt werden.

4.7 Integrierter Planungs- und Verfahrensablauf

Der Bereich der Straßenplanung ist stark durch gesetzliche Vorgaben reglementiert. Durch die Gesetze soll unter anderem sichergestellt werden, dass Straßenbauvorhaben den Anforderungen der Raumordnung, des Immissions- und Umweltschut-

zes genügen und unter rechtzeitiger Beteiligung und Information der Öffentlichkeit zustande kommen.

Für die Nachhaltigkeitsbewertung sind diese Regelungen insofern von Interesse, als sie teilweise die Beachtung und Bewertung von Themen vorschreiben, die die Nachhaltigkeit betreffen. Ein praktikables Bewertungsverfahren kann daher die Ergebnisse dieser ohnehin erforderlichen Bewertungen aufgreifen und somit den Arbeitsaufwand möglichst gering halten.

Im Rahmen des Forschungsprojektes FE 15.522/2011/FRB „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“ wurde auch der Zeitaufwand für die Anwendung des Bewertungssystems für Brückenbauwerke erfasst. Es zeigte sich, dass zwischen 70 und 120 Arbeitsstunden für die Bewertung einer Brücke aufgewendet werden mussten. Ein wesentlicher Zeitfaktor hierbei war nach Aussage der Bearbeiter die Datenbeschaffung. Durch die Verknüpfung der Nachhaltigkeitsbewertung mit vorhandenen Instrumenten soll die Informationsgewinnung erleichtert werden und die Bearbeitungszeit optimiert werden.

Es stellt sich jedoch auch die grundsätzliche Frage, ob ein Nachhaltigkeitsbewertungssystem angesichts der bestehenden Regelungen notwendig ist. Dies ist aus Sicht des Auftragnehmers aus folgenden Gründen unbedingt zu bejahen.

Mit Blick auf die bestehenden Vorschriften wird folgendes Argument vorgebracht:

Für praktisch jeden Teilbereich und jedes Detail der Straßenplanung gibt es bereits Vorschriften, deren Zweck im Grunde den Nachhaltigkeitszielen entspricht. Daher wird ein regelkonformes Bauwerk automatisch den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung entsprechen. Wozu braucht man also noch ein weiteres Verfahren?

Zwar gibt es Übereinstimmungen zwischen den gesetzlichen bzw. technischen Vorschriften und einzelnen Nachhaltigkeitszielen. Die Regelungen betreffen jedoch jeweils Einzelthemen. Es fehlt der ganzheitliche Blickwinkel. Daher können nicht alle Zielkonflikte sichtbar gemacht oder gar gegeneinander abgewogen werden. Auch besteht ein Problem darin, dass die Gesetzgebung teilweise im Kompetenzbereich der Länder liegt (etwa Straßenbau mit Ausnahme der Bundesfernstraßen oder Raumordnung) und daher in den Bundesländern

unterschiedliche Gesetze und Verordnungen gelten. Insofern kann auch nicht von einer einheitlichen Behandlung des Themas ausgegangen werden. Nur mit einem speziellen Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren kann das Thema ganzheitlich und einheitlich betrachtet werden.

Jedoch sollte die Nachhaltigkeitsbewertung mit den bestehenden Verfahren vereinbar sein. Daher werden wichtige formale Verfahren hier vorgestellt. Es wird diskutiert, inwiefern die Ergebnisse dieser Verfahren als Eingangsdaten für die Nachhaltigkeitsbewertung verwendet werden können.

Welche Verfahren verpflichtend sind, ergibt sich aus der Art des Straßenbauvorhabens, ggf. nach den jeweiligen Landesgesetzen.

Flächennutzungsplanverfahren

Der Flächennutzungsplan schreibt die Nutzungsarten für Flächen innerorts fest. Er enthält nach § 5 BauGB auch die Flächen für den überörtlichen Verkehr (z. B. Autobahnen, Bundesstraßen) und für die örtlichen Hauptverkehrszüge. Er wird in Abstimmung mit den raumordnerischen Zielen der Landesplanung und unter Beteiligung der Öffentlichkeit aufgestellt. Aus dem Flächennutzungsplan werden die Bebauungspläne abgeleitet bzw. für Einzelvorhaben wird ein Planfeststellungsverfahren vorgenommen. Erst diese entfalten Rechtswirkung.

Bebauungsplanverfahren

Der Bebauungsplan konkretisiert den Flächennutzungsplan. Er enthält nach § 9 BauGB Verkehrsflächen (auch z. B. Fußgängerflächen, Parkflächen, usw.) und regelt also prinzipiell innerörtliche Straßen. Dies gilt jedoch nicht für Straßenplanungen, die i. d. R. einen Planfeststellungsbeschluss erfordern.

Der Bebauungsplan wird unter Beachtung von Umweltbelangen und unter Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung erstellt, durch die Gemeinde per Satzung beschlossen und ist rechtlich bindend.

Unterlagen aus diesen Verfahren

Im Aufstellungsverfahren wird zum Bauleitplan (Flächennutzungsplan bzw. Bebauungsplan) ein Bericht erstellt. Er enthält Ziel, Zweck und wesentliche Auswirkungen des Plans und in einem gesonderten Teil den Umweltbericht. Außerdem liegt zum Ende des Verfahrens der Plan selbst als Karte mit Kenn-

zeichnung aller Flächen und evtl. weiteren Informationen vor. Dabei ist ein Flächennutzungsplan nicht parzellenscharf.

Umweltbericht zum Bauleitplan

In einer Umweltprüfung werden Belange des Umweltschutzes ermittelt und bewertet und im Umweltbericht dargestellt. Die Gemeinde legt jeweils den erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad fest. Liegt bereits ein Umweltbericht einer Planung auf höherer Ebene vor (z. B. Raumordnungsverfahren), so sollen im „nachgeordneten“ Umweltbericht nur zusätzliche oder andere Umweltwirkungen dargestellt werden. Liegen Landschaftspläne oder sonstigen Pläne (insbesondere zum Wasser-, Abfall- und Immissionsschutzrecht) vor, so werden sie aufgenommen.

Im Umweltbericht werden nach Anlage 1 BauGB folgende Punkte dargestellt:

- Einleitung (Inhalt und Ziele),
- Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen (derzeitiger Zustand, Prognose bei Durchführung und bei Nichtdurchführung der Planung, Ausgleichsmaßnahmen, anderweitige Planungsmöglichkeiten),
- zusätzliche Angaben (verwendete technische Verfahren, Schwierigkeiten, geplanten Überwachungsmaßnahmen, allgemein verständliche Zusammenfassung).

Der Bericht umfasst insbesondere folgende Belange des Umweltschutzes:

- Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt,
- Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt,
- Auswirkungen auf Kulturgüter und sonstige Sachgüter,
- Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Umweltschutzziele,
- Schutzzweck der Natura-2000-Gebiete,
- Vermeidung von Emissionen, Umgang mit Abfällen und Abwässern,
- Energieeinsparung,
- Luftqualität.

Strategische Umweltprüfung (SUP)

Bei der Aufstellung von Flächennutzungsplänen und Bebauungsplänen ist nach § 14b UVPG eine strategische Umweltprüfung durchzuführen, deren Untersuchungsumfang im Einzelfall festzulegen ist. Im Verfahren der SUP sind Umweltbehörden und Öffentlichkeit zu beteiligen. Es wird ein Umweltbericht erstellt, der die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen (auch von Alternativen) beschreibt und bewertet und auch eine allgemein verständliche, nichttechnische Zusammenfassung enthält.

Bericht zur strategischen Umweltprüfung

Der Bericht zur SUP umfasst nach § 14g UVPG folgende Angaben, sofern sie nach dem gewählten Untersuchungsumfang relevant sind und nicht nach Landesgesetz andere Anforderungen gelten:

- Inhalt und Ziele des Plans,
- Umweltschutzziele und wie diese berücksichtigt wurden,
- derzeitiger Umweltzustand,
- derzeitige Umweltprobleme, insbesondere hinsichtlich Naturschutzgebieten, Naturdenkmälern, Wasserschutzgebieten etc.,
- voraussichtliche erhebliche Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter,
- Ausgleichsmaßnahmen,
- Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben (z. B. fehlende Unterlagen),
- Gründe für die Alternativwahl,
- geplante Überwachungsmaßnahmen.

Die zu beachtenden Schutzgüter umfassen nach § 2 UVPG:

- Menschen (inkl. menschliche Gesundheit), Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt,
- Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft,
- Kulturgüter, sonstige Sachgüter,
- Wechselwirkungen hierzwischen.

Raumordnungsverfahren

Ein Raumordnungsverfahren (ROV) ist nach Raumordnungsgesetz (ROG) in Verbindung mit der Raumordnungsverordnung bei raumbedeutsamen

Planungen, insbesondere bei Bundesfernstraßen, durchzuführen. Entscheidungskriterium ist hierbei die „erhebliche überörtliche Raumbedeutsamkeit“ [27]. Ein Vorhaben ist raumbedeutsam, wenn es Raum in Anspruch nimmt oder die räumliche Entwicklung bzw. Funktion eines Gebietes beeinflusst. Entscheidungskriterien für die Überörtlichkeit sind Größe, Standort und Auswirkungen des Vorhabens, die einzelfallbezogen zu beurteilen sind.

Im ROV prüft die zuständige Landesbehörde die Raumverträglichkeit der Planung. Hierbei sind in Abstimmung mit den Landes- und/oder Bundesentwicklungsprogrammen und den Regionalplänen folgende Belange zu prüfen:

- nachhaltige Raumentwicklung,
- Siedlungsstruktur,
- Verkehrsinfrastruktur,
- Wirtschaftsstruktur,
- Energieversorgung,
- Naturschutz,
- Landschaftspflege, Landschaftsbild,
- Wasserwirtschaft,
- soziale und kulturelle Infrastruktur.

Das ROV soll als verwaltungsinternes Abstimmungsverfahren die Planung mit der Raumordnung der Landesplanung abstimmen. Es erfolgt in der Regel unter Beteiligung der Öffentlichkeit. Das Ergebnis hat jedoch keine unmittelbare äußere Rechtswirkung, sondern gutachterlichen Charakter für das spätere Planfeststellungsverfahren. Für UVP-pflichtige Vorhaben wird bereits im Rahmen des Raumordnungsverfahrens eine raumbezogene Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt, die auch die Trassenalternativen umfasst.

Mögliche Unterlagen aus dem ROV

Im Raumordnungsverfahren stehen grundsätzlich Informationen und Unterlagen zur Verfügung, die bei der Nachhaltigkeitsbewertung des Streckenzugs verwendet werden können. Allerdings sind die Inhalte und der Umfang der Unterlagen zum einen von der Art des Projekts und zum anderen von der Landesgesetzgebung abhängig. Die Raumordnung zählt nämlich zum Bereich der sogenannten konkurrierenden Gesetzgebung. Den Ländern steht die Möglichkeit offen, von gesetztem Bundesrecht ab-

zuweichen. Im Verhältnis von Bundes- und Landesrecht ist jeweils das zeitlich jüngere Recht bindend. Die Länder können die Einzelheiten zum Raumordnungsverfahren selbst ausgestalten, etwa für welche weiteren Arten von Straßenplanungen ein Raumordnungsverfahren durchzuführen ist, wie der Verfahrensablauf im Einzelnen aussieht und welche Aspekte im ROV, etwa bei der Umweltprüfung, anzusprechen sind.

Planfeststellungsverfahren

Bei dem Planfeststellungsverfahren handelt es sich um ein förmliches Verwaltungsverfahren nach VwVfG, das auf eine Genehmigung, den sogenannten Planfeststellungsbeschluss, abzielt. Für den Bau von Bundesfernstraßen wird nach FStrG ein Planfeststellungsbeschluss i. d. R. benötigt.

Für das Verfahren ist es zunächst notwendig, die Planfeststellungsunterlagen aufzustellen und ein Anhörungsverfahren einzuleiten. Anschließend wird der Plan öffentlich ausgelegt, er steht einen Monat lang zur Einsichtnahme zur Verfügung und es besteht die Möglichkeit für Einwendungen und Anregungen. Diese sind daraufhin nach Ablauf der Einwendefrist von der Anhörungsbehörde zu erörtern und ggf. in die Unterlagen einzuarbeiten. Es folgt der Planfeststellungsbeschluss, der, wenn keine Klage vorliegt, rechtskräftig wird und somit der Straßenbauverwaltungsbehörde das Baurecht erteilt wird [28].

Unterlagen aus dem Planfeststellungsverfahren

Im Planfeststellungsverfahren stehen grundsätzlich sehr detaillierte Informationen über das Bauprojekt zur Verfügung. Diese Informationen können als Eingangsdaten für eine Nachhaltigkeitsbewertung des Straßenentwurfs verwendet werden. Für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerksentwürfen sind die Informationen in der Regel noch recht grob.

Umweltverträglichkeitsprüfung

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist grundsätzlich ein Verfahren, das der Entscheidungsvorbereitung von Bauvorhaben dient. Sie ist nach Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) bei Maßnahmen durchzuführen, die in Landschaft und Natur eingreifen, wenn bei dem Bauvorhaben einschneidende Umweltauswirkungen zu erwarten

sind. Hierzu zählen entsprechend Anlage 1 zum § 3 UVPG

- der Bau einer Bundesautobahn,
- der Bau einer neuen vier- oder mehrstreifigen Bundesstraße, wenn diese neue Straße eine durchgehende Länge von 5 km oder mehr aufweist,
- der Bau einer neuen vier- oder mehrstreifigen Bundesstraße durch Verlegung und/oder Ausbau einer bestehenden Bundesstraße, wenn diese geänderte Straße eine durchgehende Länge von 10 km oder mehr aufweist.

Entsprechend dem Planungsrecht der einzelnen Bundesländer sind weitere Baumaßnahmen zwingend einer UVP zu unterziehen. Dies kann z. B. der Fall sein,

- wenn die neue Straße eine Schnellstraße ist,
- wenn die neue, ausgebaute oder verlegte Straße
 - mind. vier Streifen und eine durchgehende Länge von mind. 10 km aufweist,
 - durch einen Nationalpark, ein Naturschutzgebiet oder NATURA-2000-Gebiet geht,
 - auf mind. 2,5 km durch ein Biosphärenreservat oder Landschaftsschutzgebiet führt,
 - auf mehr als 5 km durch einen Naturpark führt,
 - auf einer Länge von mehr als 1 km durch eine geschlossene Ortslage mit überwiegender Wohnbebauung führt und ein DTV von mindestens 15.000 Kfz./24 h in einem Prognosezeitraum von mind. 10 Jahren zu erwarten ist,
 - auf einer Länge von mind. 500 m durch ein Flächendenkmal, ein Biotop oder ein Gebiet führt, welches aufgrund der historischen, kulturellen oder archäologischen Bedeutung unter Schutz gestellt ist.

Eine UVP ist nicht durchzuführen, wenn das Vorhaben schwere Nachteile für die Gesellschaft verhütet oder beseitigt. Dies kann insbesondere im Zusammenhang mit dem Katastrophenschutz der Fall sein.

Die UVP soll möglichst frühzeitig erfolgen und wird unter Beteiligung der Öffentlichkeit durchgeführt. Die Prüfung beruht auf einem Gutachten, der soge-

nannten Umweltverträglichkeitsstudie, für das die Auswirkungen eines Vorhabens auf

- Menschen, Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt,
- Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie
- Wechselwirkungen hierzwischen

systematisch ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Die Bewertung erfolgt verbal argumentativ. Hierbei sind die nachteiligen Umweltauswirkungen des Vorhabens zu beschreiben und anschließend Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung oder Ausgleich der nachteiligen Umweltwirkungen auszuarbeiten. Anhand einer schutzgutübergreifenden Bewertung (z. B. Boden, Wasser, Luft) wird eine Variante empfohlen und die Auswahlgründe beschrieben.

Ein Planfeststellungsbeschluss ist abzulehnen, wenn die UVP ergibt, dass eine umweltbezogene Zuverlässigkeitsvoraussetzung nicht erfüllt ist, die strikte Beachtung verlangt. Das heißt, sie kann durch planerische Abwägungen nicht überwunden werden. Ist eine umweltbezogene Zuverlässigkeitsvoraussetzung nicht erfüllt, die jedoch durch Berücksichtigung oder Optimierung der Umweltbelange geheilt werden kann, so ist dem Vorhaben zuzustimmen, wenn dem Aspekt besondere Rechnung getragen wird.

Im Anhang 2 sind allgemeine Inhalte der UVP dargestellt und gleichzeitig Kriterien genannt, die diesen Sachverhalt im Bewertungssystem für nachhaltige Straßeninfrastruktur ebenfalls abbilden. Die Gegenüberstellung zeigt, dass ein Großteil der Sachverhalte der UVP im Bewertungssystem für die Nachhaltigkeit von Straßeninfrastruktur angesprochen wird. Teilweise ist die Detaillierung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung jedoch genauer und ermöglicht damit eine höhere Aussagetiefe. Das Nachhaltigkeitsbewertungssystem bildet vereinfacht die Umweltverträglichkeit ab und ermöglicht eine Gegenüberstellung mit anderen Aspekten, wie der z. B. der technischen Qualität in Form einer Nutzwertanalyse. Die UVP liefert damit Eingangsdaten für die Nachhaltigkeitsuntersuchung, die insbesondere in den Kriterien der ökologischen Qualität, z. B. „Risiken für die lokale Umwelt“ verwendet werden können.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung erfolgt grundsätzlich nach dem jeweiligen Planungsstand, je später die Planungsphase, desto höher der Detaillierungsgrad. Dabei werden in späteren Prüfungen oft nur diejenigen Aspekte behandelt, die gegenüber einer vorherigen Prüfung neu bzw. zusätzlich auftreten. Daher können eine raumbezogene UVP im Raumordnungsverfahren und später eine UVP im Planfeststellungserfahren erfolgen.

Unterlagen: Umweltverträglichkeitsstudie

Die Unterlagen der Umweltverträglichkeitsprüfung umfassen nach § 6 UVPG mindestens, sofern nicht durch Einzelgesetze geregelt:

- Vorhabenbeschreibung,
- Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen,
- zu erwartende erhebliche Umweltauswirkungen,
- Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile sowie Angaben zur Bevölkerung in diesem Bereich,
- berücksichtigte Alternativen und Auswahlgründe,
- zu erwartende Emissionen, Abfälle, Abwasser, Nutzung von Wasser, Boden, Natur und Landschaft sowie sonstige Umweltfolgen (soweit zutreffend),
- Schwierigkeiten, bei der Zusammenstellung, zum Beispiel technische Lücken oder fehlende Kenntnisse (soweit zutreffend), allgemein verständliche, nichttechnische Zusammenfassung.

Die zuständige Behörde erarbeitet hieraus eine zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung und eigener Ermittlungen. Die Darstellung umfasst auch die erforderlichen Vermeidungs-, Verminderungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Es werden also Nachhaltigkeitsaspekte angesprochen und teils quantitativ, teils qualitativ bewertet. Diese Ergebnisse können für die Nachhaltigkeitsbewertung des Streckenzugs bzw. für die Nachhaltigkeitsbewertung des Straßenentwurfs verwendet werden. Inhalt und Umfang können jedoch recht unterschiedlich sein. Bestimmte quantifizierbare Kriterien, die in jeder Umweltverträglichkeitsstudie zu finden wären, können nicht angegeben werden.

Fauna-Flora-Habitat-Verträglichkeitsuntersuchung

Die Fauna-Flora-Habitat-Verträglichkeitsprüfung (FFH-VP) ist ein eigenständiges Prüfungsinstrument, welches nach Bundes-Naturschutzgesetz (BNatSchG) zum Einsatz kommt, wenn ein Bauvorhaben ein sogenanntes NATURA-2000-Gebiet (FFH- oder Vogelschutzgebiet) beeinträchtigen kann. Ziel ist es, wildlebende Arten und deren Lebensräume zu sichern und zu schützen. Wird im Ergebnis der FFH-VP festgestellt, dass erhebliche Beeinträchtigungen des Schutzgebiets bestehen, so ist das Bauvorhaben unzulässig. Ausnahmefälle sind nur aus zwingendem Grund bei öffentlichem Interesse möglich, wenn es keine zumutbaren Alternativen gibt.

Das Ergebnis der FFH-Verträglichkeitsuntersuchung kann für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Streckenzügen angeführt werden. Es ist im Grunde nur die Information nötig, ob das Projekt bzw. die Alternative als FFH-verträglich oder FFH-unverträglich bewertet wurde. Dies könnte als Ausschlusskriterium behandelt werden.

5 Konzeption eines Bewertungsmodells für Infrastrukturbauwerke

5.1 Modularisierung

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Grundsätze einer Nachhaltigkeitsbewertung sollen nun in ein Konzept zur Nachhaltigkeitsbewertung übertragen werden.

Da sowohl unterschiedliche Bewertungsobjekte zu beurteilen sind als auch unterschiedliche Bewertungszeitpunkte infrage kommen, wird das Bewertungsmodell modularisiert. In Bild 8 sind die Module dargestellt, welche in den folgenden Kapiteln näher erläutert werden.

Die Module bilden jeweils abgeschlossene Bewertungseinheiten, in denen die Nachhaltigkeitsqualität der Straßeninfrastruktur ermittelt wird und gegebenenfalls eine Optimierung stattfindet. Jedes Modul umfasst einen eigenen Satz von Kriteriensteckbriefen und Bewertungsmethoden, die an die Datengrundlage zum jeweiligen Planungsstand angepasst sind. Mit dem Ende einer Planungsphase sollen die Ergebnisse des Nachhaltigkeitsmoduls an die

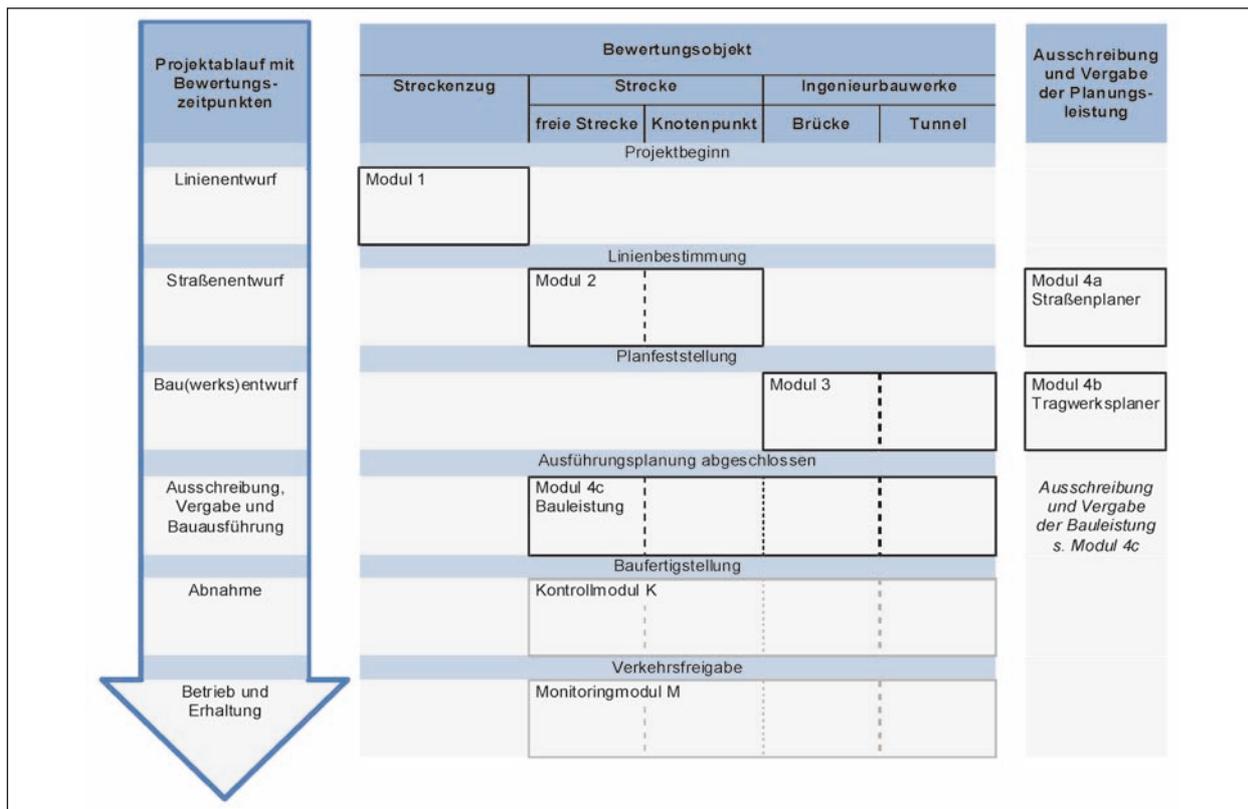


Bild 8: Konzept der Nachhaltigkeitsbewertung

nächste Planungsphase und das folgende Nachhaltigkeitsmodul übergeben werden. Daher sollte bei der Auswahl der Kriterien angestrebt werden, ein Kriterium möglichst vom Projektbeginn bis zum Ende durchzuführen. Kriterien, die in späteren Planungsphasen nicht mehr relevant sind, müssen dort allerdings entfallen. Gegebenenfalls werden die Kriterien im Kontrollmodul wieder aufgegriffen. Die Module gelten jeweils nur für spezifische Bewertungsobjekte. So gelten z. B. die Kriterien und Methoden von Modul 1 für Streckenzüge, diejenigen von Modul 3 für Infrastrukturbauwerke. Die strichlierte Unterteilung einiger Module in Bild 8 verdeutlicht, dass sich die Steckbriefe z. B. für Brücken und Tunnelbauwerke unterscheiden können. Ob dies durch getrennte Steckbriefsätze (quasi Modul 3.1 und Modul 3.2) oder durch Steckbriefe mit gleichem Kopf und differenziertem Inhalt berücksichtigt wird, sollte in den jeweiligen Forschungsprojekten entschieden werden.

5.2 Projektablauf mit Bewertungszeitpunkten

Wie im Kapitel 3.4 bereits erläutert, ist eine Bewertung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Pla-

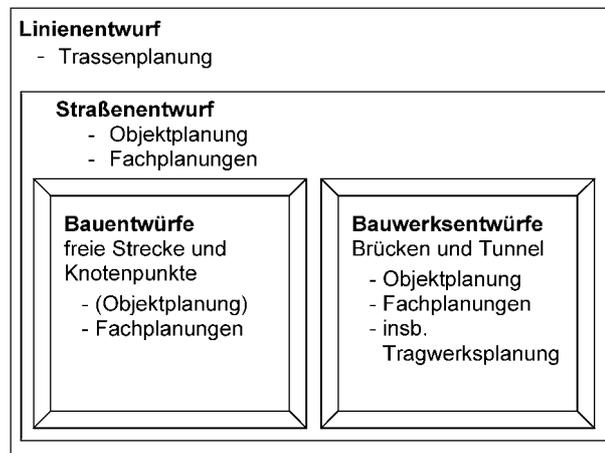


Bild 9: Planungsebenen

nungsablauf vorgesehen, wobei die Bewertung jeweils den gesamten kommenden Lebenszyklus umfasst. Typisch für die Planung ist dabei, dass der Grad der Einflussnahmemöglichkeit auf die Nachhaltigkeit mit fortschreitender Planung stetig abnimmt, da immer mehr Entscheidungen feststehen. Die Planungsebene verlagert sich dabei vom Groben ins Detail. Die Planungsebenen werden hier gemäß Bild 9 unterschieden.

Als oberste Planungsebene wird hier der Linienentwurf, also die Trassenplanung, betrachtet. Sie er-

folgt in den frühen Planungsphasen. Die Trassenplanung betrifft die Planung des gesamten Streckenzugs mit der Linienbestimmung und Wahl der erforderlichen Streckenabschnitte, Knotenpunkte, Brücken und Tunnel. Die hier getroffenen Entscheidungen setzen den Rahmen für die nachfolgenden Planungsebenen.

Die nächstfolgende Planungsebene ist der Straßenentwurf, der die Objektplanung mit den erforderlichen Fachplanungen für die Strecke umfasst. Der Straßenentwurf kann den mittleren Planungsphasen zugeordnet werden. Er setzt mit der Vorgabe von Lage, Höhe und Straßenquerschnitten den Rahmen für die Bauwerksentwürfe der Ingenieurbauwerke.

Die detaillierteste Planungsebene stellt die Ebene der Bau(-werks)entwürfe dar, die zeitlich den späten Planungsphasen zugeordnet werden kann. Der Entwurf wird hin zur ausführungsfähigen Planung verfeinert. Die Planung der Ingenieurbauwerke umfasst insbesondere die Tragwerksplanung, die erst zu diesem Zeitpunkt detailliert erfolgt.

Die genannten Planungsebenen stellen gleichzeitig Bewertungszeitpunkte dar. Da die Nachhaltigkeitsbewertung zur Optimierung des jeweiligen Entwurfs eingesetzt werden soll, könnte man hier auch von Bewertungszeiträumen sprechen.

Ein weiterer Zeitpunkt für die Anwendung des Bewertungssystems ergibt sich bei der Vergabe, wenn Nachhaltigkeitskriterien in die Vergabeentscheidung einbezogen werden sollen.

Schließlich kommt zur Kontrolle der Bauausführung eine Nachhaltigkeitsbewertung an der fertiggestellten Straße bzw. den fertiggestellten Bauwerken infrage.

Im Konzept ist außerdem ein mögliches Modul zur Zustandsbewertung im Bestand bzw. zum Monitoring des Betriebs dargestellt. Bewertungszeitpunkte wären hier in regelmäßigem Turnus denkbar.

5.3 Start der Nachhaltigkeitsbewertung

Die Entscheidung für die Durchführung einer Nachhaltigkeitsbeurteilung sollte in den sehr frühen Planungsphasen fallen.

Ein festgestellter Bedarf wird für das Bewertungskonzept vorausgesetzt, wie im Kapitel 3 dargestellt wurde.

Gemäß der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieurleistungen (HOAI) steht in der ersten Leistungsphase (LP 1) die Grundlagenermittlung an. Die Grundlagenermittlung umfasst nach Anlage 12 der HOAI:

- Klären der Aufgabenstellung,
- Ermitteln der vorgegebenen Randbedingungen,
- Ortsbesichtigung,
- Zusammenstellen und Werten von Unterlagen, Zusammenstellen von Planungsabsichten,
- Erläutern von Planungsdaten,
- Ermitteln des Leistungsumfangs und der erforderlichen Vorarbeiten (z. B. Baugrunduntersuchungen, Vermessungsleistungen, Immissionschutz),
- Formulieren von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter,
- Zusammenfassen der Ergebnisse.

Bei der Grundlagenermittlung geht es in erster Linie darum, die für das Bauvorhaben notwendigen Unterlagen zusammenzustellen, ohne dass bereits eine Nachhaltigkeitsbeurteilung erfolgt. Hier ist vielmehr die Notwendigkeit einer Nachhaltigkeitsbeurteilung festzustellen. Wird diese positiv beurteilt, so ist dies beim Zusammenstellen der Planungsunterlagen zu berücksichtigen. Ebenso ist die Auswahl eines „Fachplaners Nachhaltigkeit“ vorzubereiten.

Sofern an dieser Stelle Planungsleistungen fremdvergeben werden sollen, kann eine Nachhaltigkeitsbeurteilung für die Vergabe dieser Planungsleistungen nach Modul 4a erfolgen.

5.4 Modul 1

Modul 1 wird in den frühen Planungsphasen zur Optimierung der Trassenplanung vor der letztlichen Linienbestimmung angewendet. Der Linienentwurf liegt auf der höchsten Planungsebene. Das Leistungsbild wird als Vorplanung (LP 2) bezeichnet.

Die Vorplanung wird auch als Projekt- und Planungsvorbereitung bezeichnet. Sie dient dazu, in einem mehrstufigen Prozess die Trassenführung festzulegen und die Folgen des Projekts abzuschätzen. Die Variantenstudie umfasst dabei alle sinnvollen Alternativen und ihre relevanten Auswirkungen.

Die Vorplanung umfasst nach Anlage 12 der HOAI:

- Analyse der Grundlagen,
- Abstimmen der Zielvorstellungen auf die Randbedingungen (vorgegeben durch Raumordnung, Landesplanung, Bauleitplanung, Rahmenplanung sowie örtliche und überörtliche Fachplanungen),
- Beschaffen und Auswerten amtlicher Karten,
- Erarbeiten eines Planungskonzepts einschließlich Untersuchen von alternativen Lösungsmöglichkeiten (Variantenstudie unter Beachtung von baulicher und konstruktiver Gestaltung, Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit),
- zeichnerische Darstellung und Bewertung der Alternativen unter Einarbeitung der Beiträge anderer Fachplaner,
- fachliche Verkehrs-Vorplanung/Streckenplanung (überschlägige verkehrstechnische Bemessung; Schallimmissionen nach Tabellenwerten; mögliche Schallschutzmaßnahmen, ausgenommen detaillierte schalltechnische Untersuchungen; Kostenschätzung),
- Klären und Erläutern der wesentlichen fachspezifischen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen,
- Vorverhandlungen über die Genehmigungsfähigkeit und ggf. Kostenbeteiligung,
- Mitwirken bei Öffentlichkeitsbeteiligung (Bürger und politische Gremien),
- Überarbeiten des Planungskonzepts nach Bedenken und Anregungen, Bereitstellen von Unterlagen für ein Raumordnungsverfahren, Zusammenstellen aller Vorplanungsergebnisse.

Die Vorplanung endet mit der Linienbestimmung, die nach den jeweils anzuwendenden formalen Verfahren erfolgt. Diese Verfahren sehen vor, dass bereits in frühen Planungsphasen eine Beteiligung der Behörden und Öffentlichkeit erfolgen soll und dass Umweltfragen berücksichtigt werden.

Generell enthält die Vorplanung mit der Linienbestimmung weitreichende nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen, die auch in Modul 1 des Nachhaltigkeitsbewertungsverfahrens entsprechend abzubilden sind. Zu denken ist hierbei an die Zweckmäßigkeit des Streckenzugs, an die Wirtschaftlichkeit,

an Auswirkungen auf die lokale Umwelt, an Verkehrslenkungseffekte, die Massenbilanz des Erdaushubs usw.

Modul 1 wird innerhalb der Vorplanung zur Optimierung des Streckenzugs angewendet. Inwiefern die ohnehin zusammengetragenen Informationen und Eingangsdaten auch für die Nachhaltigkeitsbeurteilung geeignet sind, sollte in den Forschungsprojekten geklärt und in einer Pilotphase überprüft werden. Umfang und Inhalt dieser Informationen können in der Praxis je nach Projekt sehr unterschiedlich ausfallen, sodass die Anforderungen an die Eingangsdaten (aus Sicht der Nachhaltigkeitsbewertung) frühzeitig kommuniziert werden sollten.

Wesentliche Regelwerke im Rahmen des Moduls 1 sind die in Kapitel 4 beschriebenen Instrumente, wie Raumordnungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfung etc.

5.5 Modul 2

Das zweite Modul ist für die mittleren Planungsphasen vor der Planfeststellung bestimmt. Es soll die Bewertung von Modul 1, soweit möglich, fortschreiben. Die Planungsebene verschiebt sich vom Linienelemententwurf zum Straßenentwurf, mit einer detaillierteren Objektplanung für den Streckenzug, die bereits die Ergebnisse diverser Fachplanungen integriert. Modul 2 wird nur für die Bewertungsobjekte „freie Strecke“ und „Knotenpunkte“ relevant, da hier der Detaillierungsgrad hinreichend genau ist. Die Infrastrukturbauwerke „Tunnel“ und „Brücke“ werden in dieser Phase nicht bewertet, da ihre Planung noch auf gröberen Kennwerten beruht. Das Leistungsbild dieser Planungsphase wird nach HOAI Anlage 12 als Entwurfsplanung (LP 3) und Genehmigungsplanung (LP 4) bezeichnet.

Die Entwurfsplanung wird auch als System- und Integrationsplanung bezeichnet und umfasst nach HOAI, Anlage 12 (Leistungsbild Verkehrsanlagen) die folgenden Punkte:

- Durcharbeiten des Planungskonzepts bis zum vollständigen Entwurf unter Berücksichtigung aller Beiträge anderer Fachplaner,
- Erläuterungsbericht,
- fachspezifische Berechnungen, ausgenommen Berechnungen des Tragwerks,
- zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfs,

- Erstellen und Begründen von Finanzierungsplan, Bauzeiten- und Kostenplan,
- Mitwirken beim Erläutern des vorläufigen Entwurfs gegenüber Bürgerinnen und Bürgern und politischen Gremien,
- Verhandlungen mit Behörden und anderen fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit,
- Kostenberechnung und Kostenkontrolle (Vergleich mit Kostenschätzung),
- Überarbeiten des vorläufigen Entwurfs auf Grund von Bedenken und Anregungen und Weiterentwickeln zum endgültigen Entwurf,
- Ermitteln der Schallimmissionen nach Tabellenwerten; Festlegen der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen, gegebenenfalls mit detaillierten schalltechnischen Untersuchungen und Feststellen der Notwendigkeit von Schallschutzmaßnahmen an betroffenen Gebäuden,
- überschlägige Festlegung der Abmessungen von Ingenieurbauwerken,
- rechnerische Festlegung der Anlage in den Haupt- und Kleinpunkten; Darlegen der Auswirkungen auf Zwangspunkte, Nachweis der Lichtraumprofile,
- überschlägiges Ermitteln der wesentlichen Bauphasen unter Berücksichtigung der Verkehrslenkung während der Bauzeit,
- Zusammenfassen aller Entwurfsunterlagen.

Die folgende Genehmigungsplanung umfasst nach HOAI, Anlage 12 (Leistungsbild Verkehrsanlagen) folgende Arbeiten:

- Erarbeiten und Einreichen der Unterlagen für die erforderlichen öffentlich-rechtlichen Verfahren (Planfeststellungsverfahren) inkl. Bauwerksverzeichnis, Grunderwerbsplan und Grunderwerbsverzeichnis,
- Einarbeiten der Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchungen,
- Verhandlungen mit Behörden,
- Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen mit anderen Fachplanungsbeiträgen,
- Mitwirken beim Erläutern gegenüber Bürgerinnen und Bürgern,
- Mitwirken im Planfeststellungsverfahren (Erörterungstermine, Stellungnahmen zu Bedenken und Anregungen).

Der in der Vorplanung bestimmte Linienverlauf wird in der Entwurfsplanung lage- und höhenmäßig konkretisiert, vom Vorentwurf bis zum endgültigen Entwurf. Im Rahmen der Entwurfsplanung werden viele Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit berücksichtigt, etwa die gesetzlichen Regelungen nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), die Bewertung der Schallimmissionen und gegebenenfalls notwendiger Schallschutzmaßnahmen, sowie die Anforderungen an die Sicherheit, die Leistungsfähigkeit und die Wirtschaftlichkeit. Für andere Bewertungsmethoden, z. B. eine Ökobilanz, liegen die nötigen Eingangsdaten bezüglich der Strecke vor (Massen und Baustoffe).

Die Arbeiten im Rahmen der Genehmigungsplanung bestehen im Wesentlichen darin, den Entwurf detaillierter darzustellen (Feststellungsentwurf) und alle notwendigen Unterlagen für das Planfeststellungsverfahren zusammenzustellen und im anschließenden Planfeststellungsverfahren mitzuwirken. Mit der Planfeststellung sind die wesentlichen nachhaltigkeitsrelevanten Entscheidungen für die Strecke gefallen, alle nötigen Daten liegen in detaillierter Form vor und können für ein Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren in Modul 2 verwendet werden. In der nachfolgenden Phase besteht keine wesentliche Einflussnahmemöglichkeit zur Optimierung der Straße (ausgenommen Ingenieurbauwerke) mehr, da der festgestellte Plan verbindlich ist. Daher ist das Modul 3 nicht auf das Bewertungsobjekt Strecke anzuwenden.

Im Modul 2 sind ggf. das Raumordnungsverfahren und die Umweltverträglichkeitsprüfung fortzuschreiben und Gesetze wie z. B. das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG), Bundesfernstraßengesetz (FStrG) zu beachten. Zudem sind die einschlägigen Normen zur Bauwerksgestaltung zu beachten.

5.6 Modul 3

Modul 3 kommt in den späteren Planungsphasen nach der Planfeststellung zum Einsatz. Die Planungsebene verschiebt sich vom Straßenentwurf hin zum Bauentwurf der Strecke bzw. den Bauwerksentwürfen der Ingenieurbauwerke.

Gemäß HOAI, Anlage 12 umfasst das Leistungsbild der Ausführungsplanung die folgenden Punkte:

- Durcharbeiten der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsfähigen Lösung,

- Erarbeiten der Grundlagen für die anderen Fachplaner und Integrieren ihrer Beiträge,
- zeichnerische und rechnerische Darstellung mit notwendigen Details,
- Fortschreiben der Ausführungsplanung während der Objektausführung.

In der Ausführungsplanung bestehen hier für die Strecke nicht mehr viele nachhaltigkeitsrelevante Freiheitsgrade, sodass keine Bewertung erfolgt.

Die Nachhaltigkeitsbewertung der Ingenieurbauwerke kann jedoch erst jetzt erfolgen, was auf den zeitlichen Versatz der Leistungsphasen der Tragwerksplanung zurückzuführen ist. Erst nach der Planfeststellung erfolgt eine detaillierte Tragwerksplanung. Zur Optimierung wird hier Modul 3 eingesetzt, das die Bewertung von Modul 1, sofern zutreffen, fortschreibt. Hier stehen nun nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen (Wahl von Querschnitten, Auflager- und Knotenpunkten, Verbindungsmitteln, Baustoffen etc.) an. Die Einflussnahmemöglichkeiten zur Optimierung sind entsprechend groß. Erst mit der Ausführungsplanung liegen auch für die Ingenieurbauwerke die für Bewertungsmethoden wie die Ökobilanz nötigen detaillierten Daten (z. B. Massen und Baustoffe) vor.

Die Ausgestaltung der jeweiligen Bauwerke ist in spezifischen Normen geregelt. Beispielhaft sei hier die DIN EN 1991-2 genannt.

5.7 Modul 4

Die zeitliche Einordnung des Moduls 4 ist aufgrund individueller Projektablaufe nicht eindeutig möglich, denn es ist für die Ausschreibung und Vergabe anzuwenden, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen können. Daher wurden unterschiedliche Module (4a bis 4c) definiert, die die Ausschreibung und Vergabe von Planer- und/oder Bauleistungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Planungsprozess beschreiben. Wichtig für die Gestaltung und den zu beschreibenden Leistungsumfang des nachhaltigen Bauens ist auch die Form der Ausschreibung. So ist bei einer gewerkeweisen Ausschreibung deutlich genauer die Nachhaltigkeitsqualität zu beschreiben, als dies z. B. bei einer funktionalen Ausschreibung, bei der tendenziell eher eine Gesamtqualität darzustellen ist, der Fall ist.

Die Untermodule orientieren sich dabei am Planungsablauf, in dem zunächst ein Fachplaner für

die Strecken bzw. ein Bauwerk gefunden werden muss. Ist die Leistung des Planens vergeben und wird durch den Fachplaner ein nachhaltiges Bauwerk geplant, ist anschließend die Bauleistung auszuschreiben. Für diese Ausschreibung ist wiederum ein Untermodul gedacht. Im Konzept ist das Modul 4a für die Ausschreibung und Vergabe in frühen Planungsphasen, z. B. der Straßenplanung, gedacht. Das Modul 4b ist für mittlere Planungsphasen vorgesehen, in denen z. B. die Tragwerksplanung eines Ingenieurbauwerkes ausgeschrieben wird. Hier kann durch die Auswahl eines geeigneten Planers ein Einfluss auf das nachhaltige Bauen genommen werden. Hierzu ist in der Planerausschreibung die geforderte Nachhaltigkeitsqualität zu beschreiben und bei der Auswahl des Planers darauf zu achten, dass geeignete Fachkräfte mit entsprechenden Fachkenntnissen ausgewählt werden. Um die Fachkenntnis in der Vergabe prüfen zu können, ist in der Ausschreibung zu benennen, welche Fachkenntnisse vorliegen müssen, z. B. Erfahrungen in der Erstellung von Ökobilanzen (LCA) oder Lebenszyklusberechnungen (LCC). Um die notwendigen Fachkenntnisse bestimmen zu können, sollte der Kriterienkatalog des Bewertungssystems in die Ausschreibung integriert werden.

Die Ausschreibung und Vergabe der Bauleistung erfolgen bei einem „klassischen“ Projektablauf nach der Ausführungsplanung. Sie können jedoch zeitlich auch bereits vor der Ausführungsplanung erfolgen. Hier werden einerseits noch einige (wenige) nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen getroffen, die die Bauausführung betreffen. Die noch bestehenden Freiheitsgrade betreffen z. B. die Wahl der Bauverfahren und -geräte und teilweise der Baumaterialien. So ist es z. B. denkbar, einen Beton einer bestimmten Festigkeitsklasse aus unterschiedlichen Betonrezepturen herzustellen, die unterschiedliche Umweltwirkungen haben. Im Rahmen der Ausschreibung könnte z. B. das im Rahmen der Planung vorgesehene CO₂-Äquivalent des Betons vorgegeben werden. Das bauausführende Unternehmen könnte dann einen Beton der ausgeschriebenen Festigkeitsklasse und der Einhaltung bzw. Unterschreitung des CO₂-Grenzwertes anbieten. Zur Sicherstellung der nachhaltigen Ausschreibung und Angebotsbewertung der Bauleistungen ist das Modul 4c gedacht.

Einen Vorschlag zur inhaltlichen Ausgestaltung der Ausschreibung liefert das Forschungsprojekt FE 09.0163/2011/LRB „Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung

von Elementen der Straßeninfrastruktur“. Daneben sind die gesetzlichen Vorgaben, wie z. B. die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), zu beachten.

5.8 Kontrollmodul K

Die Anwendung des Kontrollmoduls ist nach der Baufertigstellung vorgesehen. Zweck des Moduls ist es, die Nachhaltigkeitsbewertungen der vorangegangenen Module 2 und 3, die auf Planungswerten beruhen, anhand tatsächlicher Werte zu aktualisieren. Im Wesentlichen werden dieselben Kriterien herangezogen. Jedoch können die Bewertungsmethoden andere sein, wenn z. B. anstelle einer Kostenberechnung die abgerechneten Kosten herangezogen werden können oder Messwerte mit Zielvorgaben abgeglichen werden. Außerdem sollte hier geprüft werden, ob die geforderten Dokumentationen vorliegen.

Für das Kontrollmodul sind bereits während der Planungs- und Ausführungsphase Vorarbeiten zu erbringen. Sie können zusammen mit der Bauüberwachung erfolgen, indem z. B. bei Abnahmen und Dokumentationen auf die Belange der Nachhaltigkeitsbewertung geachtet wird.

Ein geeignetes Instrument zur Ableitung von Prüfmethode und -umfängen sind die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwerke (ZTV-ING), herausgegeben durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).

5.9 Monitoringmodul M

Für die Betriebsphase wird in diesem Konzept ein Monitoringmodul zur regelmäßigen Überprüfung der Nachhaltigkeitsvorgaben vorgeschlagen. Es wäre nach der Verkehrsfreigabe in vorgegebenen Abständen anzuwenden, z. B. angepasst an den Zyklus der Hauptprüfung alle 12 Jahre (jeweils jede zweite Hauptprüfung)⁴ oder nach Instandsetzungen. Ziel dieses Moduls wäre es zum einen, die Nachhaltigkeitsbewertungen der Planungsphase bezüglich des Betriebs anhand von tatsächlichen

Werten zu aktualisieren. Zum anderen könnte auch der Betrieb von Bestandsbauwerken bewertet werden, während deren Erstellung noch keine Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt wurde. Mithilfe des Monitoringmoduls wäre so auch ein Benchmarking des Bestandes möglich.

6 Inhalt eines Leitfadens „Nachhaltige Straßeninfrastruktur“

In Anlehnung an den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ des BMVBS [18] ist eine Gliederung des Leitfadens für nachhaltige Straßeninfrastruktur denkbar. Für die Gliederung des Leitfadens „Nachhaltige Straßeninfrastruktur“ werden drei Blöcke vorgeschlagen. Block A sollte in die Thematik der Nachhaltigkeit einführen. Block B sieht die Beschreibung des Nachhaltigkeitsbewertungssystems während der Planung und Erstellung vor und Block C widmet sich der Nachhaltigkeitsoptimierung während des Betriebs einer Straßeninfrastruktur.

Daraus ergibt sich für den Leitfaden die folgende Gliederung:

Teil A: Grundsätze des nachhaltigen Bauens

- A1 Anwendungsbereiche des Leitfadens,
- A2 Nachhaltiges Bauen – Erläuterung und Begriffe,
- A3 Ziele des nachhaltigen Bauens,
- A4 Vorgehensweise bei der Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus.

Teil B: Nachhaltige Bauwerkserstellung

- B1 Linienentwurf,
- B2 Straßenentwurf,
- B3 Planung der Ingenieurbauwerke,
- B4 Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung,
- B5 Abnahme des Bauwerkes.

Teil C: Nachhaltigkeit in Betrieb und Erhaltung

- C1 Strecke,
- C2 Knotenpunkt,
- C3 Brücke,
- C4 Tunnel.

⁴ Laut DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung“ sind an Brückenbauwerken Sichtprüfungen jährlich, einfache Prüfungen alle 3 Jahre und Hauptprüfungen alle 6 Jahre durchzuführen.

Abschließend sollte der Leitfaden mit einem Glossar versehen werden, in dem wesentliche Begriffe des Leitfadens erläutert werden.

Inhaltlich sollte der Teil A grundsätzlich eine Einführung in die Zielsetzungen des nachhaltigen Bauens liefern und dem Leser einen Hinweis geben, in welchen Bereichen mit welchen Zielen der Leitfaden anzuwenden ist. Zudem sind wesentliche Begriffe, die für das Verständnis ausschlaggebend sind, zu erläutern. Der Teil A schließt mit einer Erläuterung der Anwendung des Leitfadens und einer Darstellung der Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten im Planungs- und Bauprozess für die Nachhaltigkeitsbewertung.

Teil B greift das im Kapitel 5 dieser Arbeit dargestellte Bewertungsmodell auf und beschreibt die Bewertung der einzelnen Bauwerke in den jeweiligen Modulen. Die Inhalte, wie Kriterien, Maßstäbe und Bedeutung, müssen durch die einzelnen entwickelnden Forschungsprojekte im Rahmen der Ressortforschung, z. B. für Tunnel oder Straße, erstellt werden.

In Teil C sollen Nachhaltigkeitskriterien für die Bewertung der Nutzungsphase vorgestellt werden. Dabei erscheint es sinnvoll, eine Gliederung entsprechend den einzelnen Bauwerken vorzunehmen. Die Inhalte sind durch die einzelnen Forschungsprojekte im Rahmen der Ressortforschung zu erstellen.

Ein Teil D „Rückbau“ ist aus Sicht des Auftragnehmers noch zu diskutieren. Für eine vollständige Lebenszyklusbetrachtung ist dieser eigentlich notwendig. Jedoch ist zu hinterfragen, ob eine Nachhaltigkeitsbewertung für Rückbaumaßnahmen angestrebt wird. Ggf. könnten hier auch Hinweise aufgenommen werden, wie ein nachhaltiger Rückbau realisiert werden kann, ohne ein Bewertungsverfahren vorzusehen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Forschungsvorhaben FE 09.0162/2011/LRB „Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur“ wurde ein Rahmen für die ganzheitliche und einheitliche Bewertung von Straßen, Straßenbrücken und -tunneln unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten entwickelt.

Im vorliegenden Endbericht wurde zunächst der aktuelle Stand der Nachhaltigkeitsbewertung von Bauwerken dargelegt. Dieser ist national wie international bislang vor allem durch Bewertungssysteme für den Hochbau geprägt. Das deutsche System nimmt unter diesen eine Sonderstellung hinsichtlich objektiver Messbarkeit und ganzheitlicher Betrachtung ein. Da es einen allgemein anerkannten Konsens für Deutschland darstellt, dienen seine Grundsätze und sein formaler Aufbau als Orientierung für das hier entwickelte Bewertungskonzept.

Anschließend wurde das Anwendungsgebiet für das Bewertungssystem dargestellt. Ziel ist die Operationalisierung einer nachhaltigen Entwicklung der Straßeninfrastruktur. Mit dem System sollen neben der aktiven Begleitung des Entscheidungs- und Auswahlprozesses und der Steuerung der Bauwerksqualität eine Informationsübergabe und Erfolgskontrolle ermöglicht werden. Als Bewertungsobjekte wird in Trassen, Streckenabschnitte mit Knotenpunkten, Brücken und Tunnel unterschieden. Das planungsbegleitende Bewertungsinstrument wird zu mehreren maßgeblichen Entscheidungszeitpunkten im Lebenszyklus von Straßeninfrastruktur eingesetzt. Ferner wurde diskutiert und dargelegt, von wem die Nachhaltigkeitsbewertung qualifiziert durchgeführt werden kann und wie diese Personen ins Planungsteam einzubinden sind.

Im Folgenden wurden im Endbericht wichtige Vorüberlegungen zur Konzeptionierung des Bewertungssystems ausführlich dargelegt. Die Forschungsnehmer empfehlen, dem Bewertungssystem die Nutzwertanalyse als Verfahren zugrunde zu legen. Als wesentliche Elemente des Systems wurden daraufhin Nachhaltigkeitsziele, Kriterien und Indikatoren, Bewertungsmethoden und -maßstäbe sowie die Gewichtung erläutert. Die Frage, inwiefern die Bewertung auf einem absoluten oder einem relativen Vergleich von Planungsvarianten beruhen sollte und wie dementsprechend eine Klassierung der Bewertungsobjekte vorzunehmen ist, wurde diskutiert. Eine Entscheidung hierüber sollte durch den Auftraggeber in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe herbeigeführt werden.

Im Bericht wurde ein Lebenszyklusmodell für Straßeninfrastruktur vorgestellt und gezeigt, dass das Bewertungsverfahren sinnvoll in den Planungsablauf integriert werden kann. Es kann und soll jedoch

die gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren und Planungsschritte nicht ersetzen. Es wurde im Bericht gezeigt, welche Informationen und Daten aus diesen Verfahren (z. B. Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren) als Eingangsdaten für die Nachhaltigkeitsbewertung vorliegen können. Da die im Einzelfall anzuwendenden Verfahren und zur Verfügung stehenden Informationen projekt- und landesabhängig sind, sollte hierauf in Pilotstudien eingegangen werden.

Als fünf Hauptkriteriengruppen sollten die ökologische Qualität mit den Kriteriengruppen „Wirkungen auf die globale Umwelt“, „Wirkungen auf die lokale Umwelt“ und „Ressourceninanspruchnahme“, die ökonomische Qualität mit den Kriteriengruppen „Direkte Kosten“ und „Externe Kosten“, die soziokulturelle und funktionale Qualität mit den Kriteriengruppen „Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit“ sowie „Funktionalität“, die Qualität der technischen Ausführung sowie die Prozessqualität hinsichtlich Planung, Bauausführung und Betrieb berücksichtigt werden.

Der Forschungsnehmer empfiehlt, den Betrachtungszeitraum zunächst mit 100 Jahren anzusetzen und gegebenenfalls anhand der weiteren Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe anzupassen.

Das anschließend vorgestellte Konzept sieht die Modularisierung der Bewertung entlang der Bewertungszeitpunkte vor. In Modul 1 wird in frühen Planungsphasen vor der Linienbestimmung die Trassenführung bewertet. In Modul 2 werden in mittleren Planungsphasen vor der Planfeststellung Streckenabschnitte und Knotenpunkte bewertet. In Modul 3 wird nach der Planfeststellung die Ausführungsplanung der Ingenieurbauwerke (Brücken und Tunnel) bewertet. Modul 4 kommt bei Ausschreibung und Vergabe zum Einsatz, dabei sind Modul 4a für die Vergabe von Straßenplanungsleistungen, Modul 4b für Tragwerksplanungsleistungen und Modul 4c für Bauleistungen vorgesehen. Zusätzlich werden im Konzept zwei Module für die späteren Lebenszyklusphasen vorgesehen. Mit dem Kontrollmodul K soll aufbauend auf den Ergebnissen der Bauüberwachung nach Baufertigstellung überprüft werden, ob die in Modul 2 und 3 gesetzten Planungsziele tatsächlich umgesetzt wurden. Das Monitoringmodul M wird während der Nutzungsphase angewendet. Hier kann zum einen überprüft werden, ob die Planungsziele des Betriebs erreicht werden, zum anderen kann ein Benchmarking des Bestands vorgenommen werden.

Schließlich wurde im Endbericht ein Konzept für einen Leitfaden „Nachhaltige Straßeninfrastruktur“ dargestellt.

Mit dem hier vorgelegten Konzept können nun die bereits erfolgten Forschungsarbeiten zur Bewertung von Straßenbrücken und die laufenden und künftigen Arbeiten zu einem einheitlichen Bewertungsverfahren integriert werden. Der Forschungsnehmer steht durch seine Mitarbeit in der Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung von Straßeninfrastruktur“ dem Auftraggeber und den Mitgliedern für Rückfragen, Meinungsaustausch und Empfehlungen weiterhin zur Verfügung.

8 Literatur

- [1] Deutscher Bundestag (Hrsg.): Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“. Drucksache 13/11200, Berlin, 1998
- [2] HAUFF, V. (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp. Greven, 1987
- [3] United Nations (Hrsg.): Bericht des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung (auszugsweise Übersetzung). Johannesburg, Südafrika 2002
- [4] Bundesregierung Deutschland (Hrsg.): Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Für ein nachhaltiges Deutschland. Berlin: Die Bundesregierung 2008
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Bekanntmachung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen. In: Bundesanzeiger vom 7. Mai 2010, Nr. 70, S. 1642-1644, Berlin 2010
- [6] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012. Berlin 2012
- [7] Europäische Union (Hrsg.): Strategie für eine erfolgreiche Bekämpfung der globalen Klimaänderung. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel 2005

- [8] Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltbundesamt, Daten zur Umwelt. Abgerufen am 25. Mai 2012 von <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten>, 2012
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Normung zur Nachhaltigkeit im Bauwesen – Grundlagen und Ziele. Abgerufen am 25. Mai 2012 von www.nachhaltigesbauen.de/normung-zur-nachhaltigkeit-im-bauwesen, 2012
- [10] UNEP (Hrsg.): The Kyoto Protocol, the Clean Development Mechanism, and the Building and Construction Sector. United Nations Environmental Programme SBCI, Paris, France 2008
- [11] GIEBEL, C.: Energy Efficiency and GHG Emissions in Office Buildings. Melbourne, Australien and Darmstadt, Germany: Technische Universität Darmstadt & CSIRO, Melbourne 2011
- [12] SEDLBAUER, K.: Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden – Fluch oder Segen für die Architektur? Fraunhofer Institut, München 2009
- [13] ASTRA (Hrsg.): NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Straßeninfrastrukturprojekte. Bern 2003
- [14] University of Washington (Hrsg.): Greenroads Abridgen Manual v1.5. Washington 2011
- [15] ISO/FDIS 21929-2: Sustainability in buildings and civil engineering works – Sustainability indicators. Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works
- [16] ISO 21929-1:2011: Sustainability in buildings and civil engineering works – Sustainability indicators. Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings
- [17] ISO 21931-1: 2010: Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works – Part 1: Building
- [18] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Leitfaden nachhaltiges Bauen. Berlin 2011
- [19] GRAUBNER, C.-A.; BAUMGÄRTNER, U.; FISCHER, O.; HAARDT, P.; KNAUFF, A.; PUTZ, A.: Nachhaltigkeitsbewertung für die Verkehrsinfrastruktur. In: Bauingenieur, Band 85, Juli/August 2010, Springer Verlag, Düsseldorf, 2010
- [20] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2012. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2012
- [21] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinie für integrierte Netzgestaltung (RIN), Ausgabe 2008
- [22] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Ausgabe 1997
- [23] JÖRISSEN, J.; COENEN, R.; STELZER, V. (2005): Zukunftsfähiges Bauen und Wohnen – Herausforderungen, Defizite, Strategien. ed. Sigma. Berlin, 2005 (Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland, 7)
- [24] Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen, FGSV, Nr. 987
- [25] Begriffsbestimmungen Straßenbautechnik, FGSV, Nr. 924
- [26] Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen, FGSV, Nr. 988
- [27] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Hrsg.): Auslegungshilfe zur Bestimmung des Anwendungsbereichs von Raumordnungsverfahren (ROV) im Sinne des Art. 24 Abs. 1 des Bayerischen Landesplanungsgesetzes vom 25. Juni 2012 (BayLplG)
- [28] STÜER, B. (2009). Handbuch des Bau- und Fachplanungsrechts, 4. Auflage. München, Deutschland: C. H. Beck Verlag

9 Anhänge

9.1 Anhang 1: Muster eines Kriteriensteckbriefes

Bewertungssystem Straßeninfrastruktur	
Hauptkriteriengruppe:	Ökologische Qualität
Kriterium:	Schutz des Bodens Kriterien-Nr.: 1.10
Bewertungsobjekt:	Neubau der Strecke: Darmstadt – Dieburg
Bewertungszeitpunkt:	Anfang der HOAI LP 2, Bewertungsdatum: 01.07.2012
Bewertungsgegenstand:	Bundesstraße
Allg. Informationen:	
<i>Zielsetzung & Relevanz:</i>	<p>Im Zuge einer Baumaßnahme ist darauf zu achten, dass der verwendete Boden recyclingfähig ist. Je nachdem, was für eine Art von Boden am jeweiligen Standort vorliegt und um was für eine Baumaßnahme es sich handelt (Neubau, Erneuerung o. Ä.), kann der anfallende Boden uneingeschränkt oder eingeschränkt wieder eingebaut werden [1]. Ziel dieses Kriteriums ist es, den Streckenverlauf in frühen Planungsphasen so zu überprüfen und zu wählen, dass</p> <p>1. Bodenbelastung:</p> <p>... die Belastung des gewählten verwendeten Bodens (im Streckenverlauf) minimal gehalten wird und</p> <p>2. Recycling:</p> <p>... dass der Anteil der wieder- bzw. weiterverwertbaren und auch der Anteil der wieder- bzw. weiterverwendbaren Ressourcen hoch ist.</p>
<i>Beschreibung & Kommentar:</i>	<p>1. Bodenbelastung:</p> <p>Inwiefern der vorliegende Boden belastet oder unbelastet ist und demnach wiederverwendet werden darf, muss mit Hilfe von Bodenproben bzw. des Bodengutachtens festgestellt werden. Anhand der Klassifizierung der Landesgemeinschaft Abfall (LAGA) [2] wird er anschließend beurteilt.</p> <p>2. Recycling:</p> <p>Der Anteil der wieder- bzw. weiterverwertbaren und wieder- bzw. weiterverwendbaren Ressourcen ist ebenfalls mit Hilfe von Bodenproben bzw. des Bodengutachtens zu bestimmen.</p>

Bewertung:																																																	
<i>Bewertungsmethode:</i>	Bewertet wird 1. der Grad der Bodenbelastung und 2. der Anteil der Ressourcen, die verwertet werden können, mithilfe der nachfolgend aufgeführten Checkliste.																																																
<i>Beschreibung der Methode:</i>	<p>1. Bodenbelastung:</p> <p>Handelt es sich bei dem im Verlauf des Streckenzuges vorhandenen Boden um größtenteils unbelasteten Boden, der im Zuge der Baumaßnahme einfach zu lagern/zu verwerten o. Ä. ist?</p> <p>Die Frage wird mithilfe der Zuordnung der LAGA-Klassen [2] beantwortet. Des Weiteren ist die anfallende Deponieklasse (DK) [3] ausschlaggebend für die Bewertung.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Checklistenpunkte</th> <th>Beschreibung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50,0</td> <td>Boden mit LAGA-Klasse Z 0 (uneingeschränkter Einbau)</td> </tr> <tr> <td>45,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40,0</td> <td>Boden bis LAGA-Klasse Z 1.1 (eingeschränkter offener Einbau) oder geringer</td> </tr> <tr> <td>35,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>25,0</td> <td>Boden bis LAGA-Klasse Z 1.2 (eingeschränkter offener Einbau in hydrologisch günstigem Gebiet) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 0</td> </tr> <tr> <td>20,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>Boden bis LAGA-Klasse Z 2 (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 1</td> </tr> <tr> <td>0,0</td> <td>Boden mit LAGA-Klasse größer als Z 2 oder auch ab Deponieklasse DK 2</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Recycling:</p> <p>Können die im Zuge der Baumaßnahme anfallenden Baustoffe recycelt werden? Ganz gleich, ob sie wiederverwendet, -verwertet, weiterverwendet oder -verwertet werden.</p> <p>Für die Bewertung sind die Ergebnisse des Bodengutachtens heranzuziehen. Anschließend ist der Anteil der recyclingfähigen Materialien zu berechnen.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Checklistenpunkte</th> <th>Beschreibung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50,0</td> <td>100 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden</td> </tr> <tr> <td>45,0</td> <td>mindestens 90 %</td> </tr> <tr> <td>40,0</td> <td>mindestens 80 %</td> </tr> <tr> <td>35,0</td> <td>mindestens 70 %</td> </tr> <tr> <td>30,0</td> <td>mindestens 60 %</td> </tr> <tr> <td>25,0</td> <td>mindestens 50 %</td> </tr> <tr> <td>20,0</td> <td>mindestens 40 %</td> </tr> <tr> <td>15,0</td> <td>mindestens 30 %</td> </tr> <tr> <td>10,0</td> <td>mindestens 20 %</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>mindestens 10 %</td> </tr> <tr> <td>0,0</td> <td>weniger als 10 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden</td> </tr> </tbody> </table>	Checklistenpunkte	Beschreibung	50,0	Boden mit LAGA-Klasse Z 0 (uneingeschränkter Einbau)	45,0		40,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 1.1 (eingeschränkter offener Einbau) oder geringer	35,0		30,0		25,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 1.2 (eingeschränkter offener Einbau in hydrologisch günstigem Gebiet) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 0	20,0		15,0		10,0		5,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 2 (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 1	0,0	Boden mit LAGA-Klasse größer als Z 2 oder auch ab Deponieklasse DK 2	Checklistenpunkte	Beschreibung	50,0	100 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden	45,0	mindestens 90 %	40,0	mindestens 80 %	35,0	mindestens 70 %	30,0	mindestens 60 %	25,0	mindestens 50 %	20,0	mindestens 40 %	15,0	mindestens 30 %	10,0	mindestens 20 %	5,0	mindestens 10 %	0,0	weniger als 10 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden
Checklistenpunkte	Beschreibung																																																
50,0	Boden mit LAGA-Klasse Z 0 (uneingeschränkter Einbau)																																																
45,0																																																	
40,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 1.1 (eingeschränkter offener Einbau) oder geringer																																																
35,0																																																	
30,0																																																	
25,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 1.2 (eingeschränkter offener Einbau in hydrologisch günstigem Gebiet) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 0																																																
20,0																																																	
15,0																																																	
10,0																																																	
5,0	Boden bis LAGA-Klasse Z 2 (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) oder geringer und mindestens Deponieklasse DK 1																																																
0,0	Boden mit LAGA-Klasse größer als Z 2 oder auch ab Deponieklasse DK 2																																																
Checklistenpunkte	Beschreibung																																																
50,0	100 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden																																																
45,0	mindestens 90 %																																																
40,0	mindestens 80 %																																																
35,0	mindestens 70 %																																																
30,0	mindestens 60 %																																																
25,0	mindestens 50 %																																																
20,0	mindestens 40 %																																																
15,0	mindestens 30 %																																																
10,0	mindestens 20 %																																																
5,0	mindestens 10 %																																																
0,0	weniger als 10 % der anfallenden Baustoffe können recycelt werden																																																

Bewertungsmaßstab:	<i>Es folgt die Zuordnung der obigen Bewertungsergebnisse zu den Bewertungspunkten, die für das Gesamtergebnis herangezogen werden</i>		
		Checklistenpunkte	Bewertungspunkte
	Zielwert Z:	100	10
	Referenzwert R:	50	5
	Grenzwert G:	5	1
	Funktion:	Abschnittsweise linear, Zwischenwerte interpolieren	
Erläuterung der Bewertung, Interpretationshinweise:	Die Bewertung des Kriteriums erfolgt über die Summe der oben aufgeführten Checklistenpunkte. Maximal können 100 Checklistenpunkte erreicht werden, was einer Bewertung von 10 Punkten entspricht. Je weniger Checklistenpunkte erreicht werden, desto geringer fällt die Bewertung aus. Zwischenwerte sind linear zu interpolieren. Werden weniger als 5 Checklistenpunkte erreicht, wird das Kriterium mit 0 Punkten bewertet.		
Hinweise:			
<i>Dokumente, Normen, Rechenhilfen etc.</i>	<p>Benötigt wird das Bodengutachten für die vorliegende Strecke</p> <p>[1] TU München. (2012): Klassifikation der Böden. München, Deutschland: Techn. Universität München – Zentrum Geotechnik – Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau.</p> <p>[2] LAGA. (2003): Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen. Mainz, Deutschland: Landesarbeitsgemeinschaft Abfall.</p> <p>[3] DepV, § 2, Nr. 6-9: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist</p>		
<i>Anmerkungen, Hinweise, Kommentare</i>	Lineare Interpolation bei Punkt 1. kann z. B. stattfinden, wenn 90 % der Baustoffe die Beschreibung erfüllen, der restliche Teil aber einer anderen Beschreibung zuzuordnen ist – dies muss allerdings gut begründet werden.		

9.2 Anhang 2: Inhalte einer UVP und Kriterien des Bewertungssystems

	Inhalt der UVP	Abbildung im Nachhaltigkeitsbewertungssystem
1	Merkmale und Wirkfaktoren des Vorhabens	
1.1	Baulänge und Bauzeit	Nicht enthalten
1.2	Flächeninanspruchnahme	K 1.12 Flächeninanspruchnahme
1.3	Neuversiegelung	K 1.12 Flächeninanspruchnahme
1.4	Umfang der Erdarbeiten	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
1.5	Anzahl der Ingenieurbauwerke	Nicht enthalten
1.6	Erhöhung des Verkehrsaufkommens durch das Vorhaben/ prognostizierte Verkehrsbelastung	Nicht enthalten, muss im Modul 1 Linienbestimmung erarbeitet werden
1.7	Erhöhung der Lärmemissionen	K 3.1 Lärmschutz
1.8	Erhöhung der Schadstoffemissionen	K 1.1 Treibhauspotenzial K 1.2 Ozonschichtzerstörungspotenzial K 1.3 Ozonbildungspotenzial K 1.4 Versauerungspotenzial K 1.5 Überdüngungspotenzial K 1.9 Umweltwirkungen infolge von baubedingten Verkehrsbeeinträchtigungen
1.9	Zusätzlich Zerschneidung	K 3.1b Landschaft
1.10	Visuelle Veränderung	Nicht vorhanden
1.11	Veränderung des Grundwassers	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
1.12	Änderung an Gewässern oder Verlegung von Gewässern	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
1.13	Klimatische Veränderungen	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
1.14	Sonstige Wirkungen aus den Vorhaben mit erheblichen Umweltauswirkungen (z. B. Bauverfahren, Rohstoffbedarf, Abfälle)	K 1.13 Abfall und Kreislaufwirtschaft
2	Standortbezogene Kriterien	
2.1	Mit dem Vorhaben nicht vereinbare Nutzungen aus dem Flächennutzungsplan (z. B. Vorranggebiet für Landwirtschaft)	Nicht vorhanden
2.2	Wohngebiet oder hohe Bevölkerungsdichte	indirekt, z. B. K 3.1 Lärm
2.3	Empfindliche Nutzung (Krankenhaus, Altersheim, Schule etc.) betroffen	Nicht vorhanden
2.4	Bereich mit besonderer Bedeutung für die Landwirtschaft	Nicht vorhanden

	Inhalt der UVP	Abbildung im Nachhaltigkeitsbewertungssystem
2.5	Altlasten, Deponieflächen betroffen	Nicht vorhanden
2.6	Kulturgüter betroffen	K 3.1c Kulturgüter und sonstige Sachgüter
2.7	Beeinflussung von Schutzgebieten	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.1	Vogelschutzgebiet	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.2	Naturschutzgebiet	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.3	Nationalpark	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.4	Biosphärenreservat	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.5	Landschaftsschutzgebiet	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.6	Naturpark	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.7	Naturdenkmal	Nicht vorhanden
2.7.8	Geschützte Landschaftsbestandteile	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.9	Besonders geschützte Biotope	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.10	Biotope für wildlebende Tiere und Pflanzen der besonders geschützten Art	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.11	Wasserschutzgebiet	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.12	Heilquellenschutzgebiet	Nicht vorhanden
2.7.13	Überschwemmungsgebiet	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.7.14	Denkmal, Bodendenkmal, archäologisches Interessensgebiet	K 3.1c Kulturgüter und sonstige Sachgüter
2.7.15	Schutzwald, Erholungswald	Nicht vorhanden
2.7.16	Naturwaldreservat	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.8	Böden mit besonderer Funktion für den Naturhaushalt	Nicht vorhanden
2.9	Oberflächengewässer mit besonderer Bedeutung	Nicht vorhanden
2.10	Natürliche Überschwemmungsgebiete	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.11	Bedeutende Grundwasservorkommen	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt
2.12	Fläche mit besonderer klimatischer Bedeutung	K 1.6 Risiken für die lokale Umwelt

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

2011

B 76: Instandsetzung und Verstärkung von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems
Sedlacek, Paschen, Feldmann, Geßler, Möller, Steinauer, Scharnigg € 17,00

B 77: Anpassung von DIN-Fachberichten „Brücken“ an Eurocodes
Teil 1: DIN-FB 101 „Einwirkung auf Brücken“
Teil 2: DIN-FB 102 „Betonbrücken“
Teil 3: DIN-FB 103 „Stahlbrücken“
Teil 4: DIN-FB 104 „Verbundbrücken“
Freundt, Böning, Maurer, Arnold, Gedwien, Müller, Schrick, Tappe, Kuhlmann, Rasche, Froschmeier, Euler, Hanswille, Brauer, Bergmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. € 29,50

B 78: Bemessung von Wellstahlbauwerken – Vergleich nach den bisherigen und den neuen Richtlinien
Kuhlmann, Günther, Krauss
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. € 18,50

B 79: Untersuchungen zur Querkraftbemessung von Spannbetonbalken mit girlandenförmiger Spannliedführung
Maurer, Kiziltan, Zilch, Dunkelberg, Fitik
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,50

B 80: Lautsprecheranlagen und akustische Signalisierung in Straßentunneln
Mayer, Reimann, Löwer, Brettschneider, Los € 16,00

B 81: Quantifizierung der Lebensdauer von Betonbrücken mit den Methoden der Systemanalyse
Müller, Vogel, Neumann € 14,50

B 82: Verkehrslastmodelle für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand
Freundt, Böning € 16,00

B 83: Konzeption zur Nachrechnung bestehender Straßenbrücken
Maurer, Kolodziejczyk, Zilch, Dunkelberg € 16,00

B 84: Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Beton mit dem modifizierten CDF-Verfahren (XF2)
Gehlen, Lowke, Milachowski € 15,00

B 85: Entwicklung von Verfahren einer zuverlässigkeitsbasierten Bauwerksprüfung
Zilch, Straub, Dier, Fischer € 19,50

B 86: Untersuchungen an Bauwerken aus hochfesten Beton
Nguyen, Freitag € 13,50

2012

B 87: Vermeidung von Glättebildung auf Brücken durch die Nutzung von Geothermie
Feldmann, Döring, Hellberg, Kuhnhenne, Pak, Mangerig, Beucher, Hess, Steinauer, Kemper, Scharnigg € 17,00

B 88: Anpralllasten an Schutzeinrichtungen auf Brücken – Anpassung der DIN-Fachberichte „Stahlbrücken“ und „Verbundbrücken“ an endgültige Eurocodes und nationale Anhänge einschließlich Vergleichsrechnungen
Kuhlmann, Zizza, Günther € 15,50

B 89: Nachrechnung von Betonbrücken zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Bauwerke
Maurer, Heeke, Kiziltan, Kolodziejczyk, Zilch, Dunkelberg, Fitik € 19,50

B 90: Fugenbewegung an der Ruhrthalbrücke Mintard Eilers, Quaas, Staack € 14,00

2013

B 91: Priorisierung und Nachrechnung von Brücken im Bereich der Bundesfernstraßen – Einfluss der Einwirkungen aus Verkehr unter besonderer Berücksichtigung von Restnutzungsdauer und Verkehrsentwicklung
Freundt, Böning € 15,00

B 92: Kriterien für die Anwendung von unbewehrten Innenschalen für Straßentunnel
Kaundinya € 14,00

B 93: Querkrafttragfähigkeit von Fahrbahnplatten – Anpassung des DIN-Fachberichtes „Betonbrücken“ an die endgültige Eurocodes und nationale Anhänge einschließlich Vergleichsrechnungen
Hegger, Reißer € 17,50

B 94: Baulicher Brandschutz für Tunnel in offener Bauweise – Rechnerischer Nachweis
Peter, Knief, Schreyer, Piazzola
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 95: Erfahrungen mit selbstverdichtendem und hochfestem Beton im Brücken- und Ingenieurbau an Bundesfernstraßen
Tauscher € 17,00

B 96: Geothermischen Anlagen bei Grund- und Tunnelbauwerken
Adam € 17,00

B 97: Einfluss der veränderten Verkehrsführung bei Ertüchtigungsmaßnahmen auf die Bauwerksbeanspruchungen
Freundt, Böning € 15,00

2014

B 98: Brückenseile – Gegenüberstellung von vollverschlossenen Seilen und Litzenbündelseilen
Friedrich
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 99: Intelligente Brücke – Zuverlässigkeitsbasierte Bewertung von Brückenbauwerken unter Berücksichtigung von Inspektions- und Überwachungsergebnissen
Fischer, Schneider, Thöns, Rücker, Straub
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 100: Roadtraffic Management System (RTMS)
Freundt, Vogt, Böning, Pierson, Ehrle € 15,00

B 101: Adaptive Spannbetonstruktur mit lernfähigem Fuzzy-Regelungssystem
Schnellenbach-Held, Fakhouri, Steiner, Kühn € 18,50

B 102: Adaptive ‚Tube-in-Tube‘-Brücken
Empelmann, Busse, Hamm, Zedler, Girmscheid € 18,00

B 103: Umsetzung des Eurocode 7 bei der Bemessung von Grund- und Tunnelbauwerken
Briebrecher, Städing € 14,00

B 104: Intelligente Brücke – Konzeption eines modular aufgebauten Brückenmodells und Systemanalyse
Borrmann, Fischer, Dori, Wild
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 105: Intelligente Brücke – Machbarkeitsstudie für ein System zur Informationsbereitstellung und ganzheitlichen Bewertung in Echtzeit für Brückenbauwerke
Schnellenbach-Held, Karczewski, Kühn
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 106: Einsatz von Monitoringsystemen zur Bewertung des Schädigungszustands von Brückenbauwerken
Freundt, Vogt, Böning, Michael, Könke, Beinersdorf € 17,00

B 107: Materialeigenschaften von Kunststoffdichtungsbahnen bestehender Straßentunnel
Robertson, Bronstein, Brummermann € 16,00

B 108: Fahrzeug-Rückhaltesysteme auf Brücken
Neumann, Rauert € 18,50

B 109: Querkrafttragfähigkeit bestehender Spannbetonbrücken
Hegger, Herbrand € 17,00

B 110: Intelligente Brücke – Schädigungsrelevante Einwirkungen und Schädigungspotenziale von Brückenbauwerken aus Beton
Schnellenbach-Held, Peeters, Miedzinski
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 111: Erarbeitung von Modellen zur Bestimmung der Schadensumfangsentwicklung an Brücken
Müller € 15,00

2015

B 112: Nachhaltigkeitsberechnung von feuerverzinkten Stahlbrücken
Kuhlmann, Maier, Ummenhofer, Zinke, Fischer, Schneider € 14,00

B 113: Versagen eines Einzelelementes bei Stützkonstruktionen aus Gabionen
Placzek, Pohl
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 114: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die sicherheitstechnische Ausstattung und den Brandschutz von Straßentunneln
Mayer, Brennberger, Großmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 115: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die sicherheitstechnische Ausstattung und den Brandschutz von Straßentunneln
Mayer, Brennberger, Großmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 116: Überwachungskonzepte im Rahmen der tragfähigkeitsrelevanten Verstärkung von Brückenbauwerken aus Beton
Schnellenbach-Held, Peeters, Brylka, Fickler, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 117: Intelligente Bauwerke – Prototyp zur Ermittlung der Schadens- und Zustandsentwicklung für Elemente des Brückenmodells
Thöns, Borrmann, Straub, Schneider, Fischer, Bügler
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 118: Überwachungskonzepte für Bestandsbauwerke aus Beton als Kompensationsmaßnahme zur Sicherstellung von Standicherheit und Gebrauchstauglichkeit
Siegert, Holst, Empelmann, Budelmann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 119: Untersuchungen zum Brandüberschlag in Straßentunneln
Schmidt, Simon, Guder, Juknat, Hegemann, Dehn € 16,00

B 120: Untersuchungen zur Querkrafttragfähigkeit an einem vorgespannten Zweifeldträger
Maurer, Gleich, Heeke, Zilch, Dunkelberg
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 121: Zerstörungsfreie Detailuntersuchungen von vorgespannten Brückenplatten unter Verkehr bei der objektbezogenen Schadensanalyse
Diersch, Taffe, Wöstmann, Kurz, Moryson
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 122: Gussasphalt mit integrierten Rohrregistern zur Temperierung von Brücken
Eilers, Friedrich, Quaas, Rogalski, Staeck
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2016

B 123: Nachrechnung bestehender Stahl- und Verbundbrücken – Restnutzung
Geißler, Krohn € 15,50

B 124: Nachrechnung von Betonbrücken – Systematische Datenauswertung nachgerechneter Bauwerke
Fischer, Lechner, Wild, Müller, Kessner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 125: Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit
Mielecke, Kistner, Graubner, Knauf, Fischer, Schmidt-Thrö
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 126: Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur
Mielecke, Graubner, Roth
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.