

# Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrs- infrastrukturen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 129

**bast**

# **Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrs- infrastrukturen**

von

Cyrus Schmellekamp

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Bergisch Gladbach

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 129**

**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 F1100.2111000:**  
Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen

### 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](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9293

ISBN 978-3-95606-245-2

Bergisch Gladbach, April 2016

## Kurzfassung – Abstract

### Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen

Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung sowie die Revision der Bauproduktenrichtlinie/Bauproduktenverordnung fordern eine verstärkte Berücksichtigung von Aspekten zur Nachhaltigkeit und zur Klimarelevanz.

Mit Einführung des überarbeiteten Leitfadens „Nachhaltiges Bauen“ durch das BMVI trat für den Neubau von Bundesbauten die verbindliche Anwendung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) in Kraft.

In diesem Zusammenhang sollte auf Wunsch des BMVI überprüft werden, ob das Bewertungsverfahren aus dem Bereich des Hochbaus auf Straßeninfrastrukturen übertragen werden kann.

Zur Entwicklung eines solchen Bewertungssystems wurde die Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastrukturen“ unter dem Dach des BMVI und unter Leitung der BAST eingerichtet.

Das bereitgestellte System umfasst verschiedene Module für die entsprechenden Phasen, von der Planung und Ausschreibung bis zur Abnahme sowie für die verschiedenen Elemente von Straßeninfrastrukturen. Die Module wurden für den Variantenvergleich auf Objektebene entwickelt. Für Straßeninfrastrukturen wird hiermit eine gleichwertige Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer sowie sozialer Aspekte für den Lebenszyklus der Bauwerke ermöglicht.

Eine Übertragung des BNB-Verfahrens auf Straßeninfrastrukturen ist möglich, lediglich Randbedingungen müssen angepasst werden.

Die Konzeption stellt einen Forschungsansatz dar. Sollte eine Einführung eines Nachhaltigkeitsbewertungsverfahrens für Straßeninfrastrukturen durch das BMVI gewünscht werden sind weitere Pilotstudien erforderlich.

### The further development of procedures for assessing sustainability in traffic infrastructures

The national sustainability strategy of the German federal government, together with the revised Construction Products Directive/Construction Products Regulations, require greater attention to be paid to questions of sustainability and the climate.

The introduction of the revised guidelines for sustainable construction by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) marked the point at which it became a mandatory requirement for all newly constructed federal buildings to be built in accordance with the Assessment System for Sustainable Construction (BNB).

It was against this background that the BMVI requested a study be undertaken to assess whether the assessment procedure in use for building construction might be transferrable to the context of traffic infrastructures.

In order to develop the necessary assessment system, the working group “Sustainability Assessment for Traffic Infrastructures” was constituted under the aegis of the BMVI and under the direction of the Federal Highway Research Institute (BAST).

The system designed by the working group included various modules for each respective phase from planning and tendering through to a structure’s acceptance into service, as well as for the various elements of traffic infrastructures. The modules were developed to enable several variants to be compared on a structure-by-structure basis. This therefore enables equal consideration to be given to the ecological, economic and the social issues pertaining to the whole life cycle of structures built in the context of traffic infrastructures.

The BNB procedure can be applied to the field of road infrastructures; only a small number of adjustments to boundary conditions must be made.

This concept represents a line of research. Should the BMVI seek to introduce a procedure for assessing sustainability in the context of traffic infrastructures, then it will be necessary to carry out further pilot studies.



## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	6	5.5	FE 09.0163/2011/LRB „Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur“ [18] .....	22
<b>1 Problemstellung und Auftrag</b> .....	7	5.6	FE 09.0179/2011/MRB „Anforderungen an Baustoffe, Bauwerke und Realisierungsprozesse der Straßeninfrastrukturen im Hinblick auf Nachhaltigkeit“ .....	24
<b>2 AG Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastrukturen</b> .....	7	5.7	FE 15.589/2012/RRB „Pre-Check der Nachhaltigkeitsbewertung für Brückenbauwerke“ .....	26
<b>3 Grundlagen</b> .....	8	5.8	FE 15.590/2012/RRB „Nachhaltigkeits- bewertung für Erhaltungs- und Ertüch- tigungskonzepte von Straßen- brücken“ .....	28
3.1 Definition Nachhaltigkeit .....	8	<b>6</b>	<b>Übergeordnete Aspekte</b> .....	29
3.2 Nationale Strategien .....	8	<b>7</b>	<b>Ausblick</b> .....	30
3.3 Leitfaden und Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen .....	9	<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	31
3.4 Nachhaltigkeit der Straßen- infrastruktur .....	9			
3.4.1 Lebenszyklusbetrachtung .....	10			
3.4.2 Ökobilanzierungen .....	11			
3.4.3 Lebenszykluskosten .....	12			
3.4.4 Soziale und technisch-funktionale Aspekte .....	13			
<b>4 Konzeption der externen Forschungsplanung</b> .....	14			
<b>5 Teilprojekte</b> .....	15			
5.1 FE 09.0162/2011/LRB „Konzeptionelle Ansätze zur Nach- haltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfra- struktur“ [15] .....	16			
5.2 FE-Nr. 15.0494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungs- kriterien für Infrastrukturbauwerke in Hinblick auf Nachhaltigkeit“ [16] .....	17			
5.3 FE-Nr. 15.0522/2011/FRB „Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus“ [17] .....	20			
5.4 FE 09.0164/2011/LRB „Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfra- struktur im Hinblick auf Nachhaltig- keit – Straße und Tunnel“ [12] .....	21			

## Vorwort

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind wesentliche gesellschaftliche 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 aufgezeigten Module in Pilotprojekten steht noch aus.

Ein Überblick über das Gesamtkonzept und die Zusammenfassung bereits abgeschlossener Projekte der Forschungskonzeption wird im Schlussbericht der BAST F 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 deutlicher Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit sowie zu Klimaschutzzielen für den Bereich der Straßeninfrastrukturen, Rechnung getragen werden.

Bergisch Gladbach 2016

## 1 Problemstellung und Auftrag

Das BMVI und die BAST sind aus politischer Sicht und aus Sicht der Bauherren laufend bestrebt Prozessverbesserung im Baubereich und im Bereich des Verkehrswesens herbeizuführen. Mit der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ wurde von der Bundesregierung im Jahr 2002 die Nachhaltigkeit als ein zentrales Prinzip der Politik verankert. Die Revision der Bauproduktenrichtlinie/Bauproduktenverordnung fordert ebenso eine verstärkte Berücksichtigung von Aspekten zur Nachhaltigkeit und zur Klimarelevanz.

Nach erfolgreicher Entwicklung und Einführung der Bewertungssysteme für „Nachhaltiges Bauen“ (BNB) im Bereich des öffentlichen Hochbaus durch das BMVBS und in der Privatwirtschaft durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit einem Zertifizierungssystem wurde Anfang des Jahres 2009 unter dem Dach des Verbandes Beratender Ingenieure die Arbeitsgruppe Infrastrukturbauberwerke eingerichtet, um Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren für verschiedene Verkehrsinfrastrukturelemente (u. a. Straßen, Schiene und Flughäfen) zu entwickeln.

Ende des Jahres 2010 wurde die Festlegung getroffen, die AG Infrastrukturbauberwerke in den Geschäftsbereich des BMVI zu überführen und unter dem Dach der BAST einzurichten, um zu überprüfen ob das Bewertungsverfahren aus dem Bereich des Hochbaus zunächst speziell auf Straßeninfrastrukturen übertragen werden kann. Die Arbeitsgruppe wurde in „AG Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastrukturen“ umbenannt und setzt sich aus Mitarbeitern des BMVI, der Straßenbauverwaltung (SBV), von Universitäten, Ingenieurbüros, sowie Mitarbeitern der BAST zusammen.

Aufgrund der notwendigen ganzheitlichen Einbeziehung komplexer fachübergreifender Aspekte ist das Themenfeld der Nachhaltigkeit im Straßenbau ein Querschnittsthema, welches die aktuellen und zukünftigen Forschungsfelder der Straßenplanung, des Straßen- und Ingenieurbaus sowie des Straßenverkehrs berührt. Aus diesem Grund wurden Mitarbeiter der BAST aus verschiedenen Abteilungen in die AG eingebunden.

Die konzeptionellen Entwicklungen erfolgten im Rahmen des Ressortforschungsprogramms des BMVI. Aufgrund der fachübergreifenden Themenschwerpunkte, die sich aus einer Nachhaltigkeitsbewertung für Straßeninfrastrukturen ergeben,

wurde die Betreuung der externen Projekte durch verschiedene Referate der BAST (B1, S3, V1, SC) gewährleistet. Die Arbeiten zur Organisation und Steuerung der Arbeitsgruppe, die Vor- und Nachbereitungen der Sitzungen sowie die Ausarbeitungen interner Dokumente wurden im Rahmen des vorliegenden Projektes abgewickelt. Der Projektabschluss erfolgt, da das Ziel der Aktivitäten der AG erreicht ist: Konzeption eines Bewertungsverfahrens zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit für Straßeninfrastrukturen nach dem Vorbild des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen. Eine weiterführende Entwicklung sollte erfolgen sofern der politische Wunsch geäußert wird, dass zukünftig ein solches Verfahren für Straßeninfrastrukturen eingesetzt werden soll.

## 2 AG „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastrukturen“

Ziel der Arbeitsgruppe ist es, wissenschaftlich fundierte und dennoch für die praktische Anwendung taugliche Werkzeuge für die Straßenbauverwaltungen zur Sicherstellung einer zukunftsfähigen Straßeninfrastruktur und ihre Einbindung in Planung, Ausschreibung und Realisierung bereitzustellen. Hierfür wurden eine Reihe von Forschungsthemen identifiziert, welche mit den Mitteln der Ressortforschung bearbeitet werden sollten. Ausgehend von einer Analyse der aktuellen Situation in verfahrenstechnischer und bautechnischer Hinsicht sowie einer grundsätzlichen Zieldefinition und Beschreibung der möglichen Anwendungsszenarien sollten die maßgeblichen Bewertungskriterien für die wesentlichen Infrastrukturelemente Straße, Brücke, Tunnel bereitgestellt sowie die erforderlichen Bewertungsverfahren für die Prozesse der Planung und Ausschreibung entwickelt werden. Anforderungsprofile des Straßenbaulastträgers, der Straßenbauverwaltungen und Verkehrsteilnehmer wurden analysiert und unter Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit eingebunden. Die entwickelten Bewertungsverfahren sollten in Pilotstudien an einzelnen Bauwerken und Streckenzügen sowie in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen verifiziert werden.

In der Arbeitsgruppe wurden im Zeitraum von 2010 bis 2014 Fragestellungen, welche im Zuge der Bearbeitung der Forschungsprojekte aufkamen, erörtert. Die Fragestellungen betrafen Ziele, Ausrichtung und zu beachtende Randbedingungen des zu



entwickelnden Bewertungsverfahrens für Straßeninfrastrukturen sowie rechtliche und administrative Gesichtspunkte zur Einführung. Eine mögliche Vorgehensweise wurde in einer Konzeptionsplanung umgesetzt.

## 3 Grundlagen

### 3.1 Definition Nachhaltigkeit

Hans Carl von Carlowitz (1645–1714), Forstwirt am Hof August des Starken, begründete die Theorie der Nachhaltigkeit mit der Forderung nach einer zukunftsfähigen Bewirtschaftung von Wäldern [1]. Heutzutage wird der Begriff der Nachhaltigkeit in Verbindung mit vielen Produkten genutzt. Bei näherer Betrachtung werden unterschiedliche Eigenschaften, wie Langlebigkeit, Herkunft aus ökologischer Produktion, fairer Handel etc. als nachhaltig angepriesen.

Als Ausgangspunkt zum Thema ist die Definition des Begriffs Nachhaltigkeit von wesentlicher Bedeutung. Die Brundtland-Kommission prägte 1987 den Begriff einer nachhaltigen Entwicklung als „... eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen“ [2].

1992 bekannten sich die Vereinten Nationen zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Anlässlich der Konferenz verabschiedeten sie ein globales Aktionsprogramm. Mit der Agenda 21 erklärte sich jeder der über 170 Unterzeichnerstaaten bereit, das Leitbild national in allen Politikbereichen unter Beteiligung von Gesellschaft und Wirtschaft umzusetzen. Auch Deutschland hat die Agenda unterzeichnet.

### 3.2 Nationale Strategien

Die Definition der Brundtland-Kommission ist die Grundlage nationaler Strategien. Dabei steht eine ganzheitliche Betrachtung im Vordergrund, bei der eine stabile gesellschaftliche Entwicklung dadurch erreicht werden soll, dass ökonomische, ökologische und soziale Aspekte berücksichtigt werden.

Im Jahr 2002 wurde die nationale Nachhaltigkeitsstrategie von der Bundesregierung beschlossen und wird seit dem kontinuierlich fortgeschrieben.

Sie umfasst derzeit 38 Schlüsselindikatoren, die in die vier Hauptthemen „Generationengerechtigkeit“, „Lebensqualität“, „Sozialer Zusammenhalt“ und „Internationale Verantwortung“ unterteilt sind [3]. Diese konkret messbaren Zielen bzw. Indikatoren werden im Abstand von zwei Jahren in Berichten des Statistischen Bundesamtes aktualisiert und die Entwicklung analysiert. Mit Bezug zu Planung, Bau und Betrieb der Straßeninfrastruktur sind die Indikatoren Primärenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen, Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche, Artenvielfalt und Landschaftsqualität sowie Schadstoffbelastung der Luft relevant. Das Thema Mobilität wird im Hinblick auf Verkehrsverlagerung und Verkehrsvermeidung betrachtet.

Im Jahr 2012 verabschiedete das Bundeskabinett zudem das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) [4]. Ziel dieses Programms ist, die Inanspruchnahme von Rohstoffen zu reduzieren. Angestrebt wird eine möglichst weitgehende Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourceneinsatz sowie die Senkung der damit verbundenen Umweltbelastungen. Die Ressourceneffizienzpolitik soll darüber hinaus dazu beitragen, die globale Verantwortung für die ökologischen und sozialen Folgen der Ressourcennutzung wahrzunehmen. Der Fokus wird auf abiotische, nichtenergetische Rohstoffe gelegt, ergänzt um die stoffliche Nutzung biotischer Rohstoffe. Die Nutzung von Rohstoffen steht zwar in Zusammenhang mit der Nutzung anderer natürlicher Ressourcen wie Wasser, Luft, Fläche und Boden sowie Biodiversität und Ökosystemen, da diese Ressourcen jedoch bereits Gegenstand anderer Prozesse oder Regelwerke sind, werden sie in ProgRess nicht vertieft behandelt. Das Programm setzt auf Marktanreize, Beratung, Bildung, Forschung und Innovation sowie auf die Stärkung freiwilliger Initiativen in Wirtschaft und Gesellschaft. In Bezug auf Planung, Bau und Betrieb der Straßeninfrastruktur sind folgende Handlungsansätze relevant:

- Nachhaltige Rohstoffversorgung sichern durch Umsetzung und Weiterentwicklung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung.
- Ressourceneffizienz in der Produktion steigern durch Innovation und Einbeziehung der Ressourcenschonung in die Normung.
- Konsum ressourceneffizienter gestalten durch Einführung neuer bzw. verstärkte Nutzung vor-

handener Zertifizierungssysteme für Rohstoffe und verstärkte Nutzung des Instruments der Öffentlichen Beschaffung.

- Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft ausbauen durch Optimierung von Erfassung und Recycling ressourcenrelevanter Mengenabfälle.

### 3.3 Leitfaden und Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen

Die Bauwirtschaft spielt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung eine zentrale Rolle, zumal ca. 60 % des gesamtdeutschen Abfallaufkommens dem Bausektor anzurechnen sind. Die erste Fassung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen wurde im Jahr 2001 vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung herausgegeben. Mit dem Leitfaden werden u. a. einzelne Ziele z. B. der Ressourcenschonung, Flächenverbrauch der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie unterstützt.

Der 2011 neu herausgegebene Leitfaden stellt eine Arbeitshilfe für die Bereiche der Planung, Bauausführung, Unterhaltung, Betrieb und Nutzung dar und ist für die Liegenschaften und Gebäude des Bundes vorgesehen. Darin werden ganzheitliche Grundsätze zur Nachhaltigkeit für die oben genannten Bereiche umgesetzt. Durch die frühzeitige Beachtung nachhaltiger Planungsansätze soll die Gesamtwirtschaftlichkeit der Gebäude erheblich verbessert werden. Dabei werden soziale und kulturelle Belange des Bauvorhabens ebenso wie wirtschaftliche und ökologische Kriterien berücksichtigt.

Mit der überarbeiteten Ausgabe des Leitfadens wurde auch das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen eingeführt. Die allgemeinen Schutzgüter und -ziele der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie wurden an die jeweilige Handlungsebene und das spezifische Betrachtungsobjekt angepasst und in die Bewertungsmethode integriert. Neben den Merkmalen und Eigenschaften des Gebäudes, die sich auf die Ökologie, die Ökonomie sowie soziokulturelle Schutzziele auswirken, sind zusätzlich funktionale, technische und prozessuale Aspekte der Planung und Ausführung bei Gebäuden qualitätsbestimmend. Der Bewertungsansatz des BNB-Systems ist in Bild 1 dargestellt.

Das System ermöglicht eine ganzheitliche und gleichwertige Betrachtung ökologischer, ökonomi-

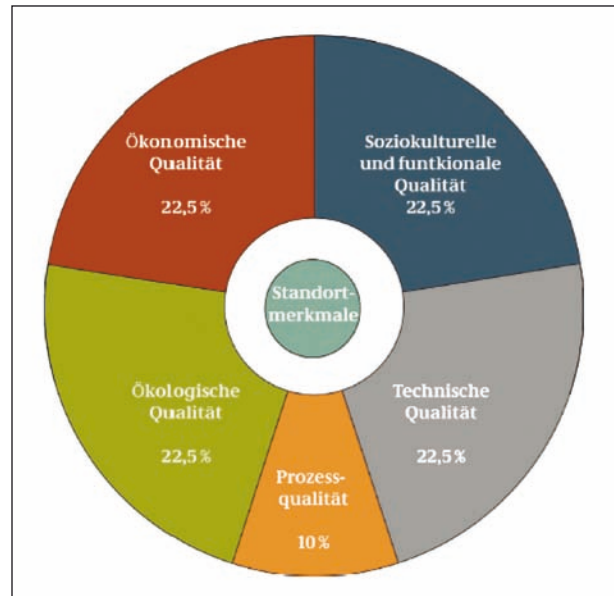


Bild 1: Ganzheitlicher Ansatz der BNB-Systematik [5]

scher sowie sozialer, funktionaler und technischer Aspekte und wird mit der gleichwertigen Gewichtung der Hauptkriteriengruppen mit 22,5 % zu Ausdruck gebracht. Da der Bauprozess von seiner Bedeutung zur Berücksichtigung von Kriterien der Nachhaltigkeit deutlich geringer ausfällt als Aspekte die in der Planungsphase beeinflusst werden können, wird dieser mit einem geringeren Prozentsatz gewichtet.

Im Zuge des BNB-Systems wurden verschiedene Module für die unterschiedlichen Gebäudetypen (Bürogebäude, Laborgebäude, Unterrichtsgebäude, Außenanlagen) entwickelt. Eine Anwendung auf Straßeninfrastrukturen wird von den Entwicklern derzeit nicht angestrebt.

### 3.4 Nachhaltigkeit der Straßeninfrastruktur

Für Straßeninfrastrukturen besteht derzeit in Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern kein eingeführtes Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren. In den folgenden Kapiteln wird, aufbauend auf dem BNB-Verfahren, die Systematik und die Module eines Nachhaltigkeitsbewertungsverfahrens für Elemente der Straßeninfrastruktur vorgestellt. Im Bereich von Infrastrukturbauwerken ist zu beachten, dass zwischen Objekt- und Netzebene unterschieden werden muss. Auf Objektebene steht die funktionale Qualität des Bauwerks im Vordergrund. Auf Netzebene kommen die sozialen Aspekte deutlicher zum Tragen, da die Auswirkun-

gen die erst durch das Netze verursacht werden eher eine übergeordnete Ausprägung aufweisen, so z. B.:

- Beeinträchtigung und Zerschneidung von Lebensräumen,
- Lärmbelastung von Mensch und Umwelt,
- Emissionsbelastung von Mensch und Umwelt.

Die Kriterien aus den Bereichen Soziales, Ökologie, Ökonomie, ergänzt durch Kriterien der funktionalen Qualität werden auf die Straßeninfrastruktur angepasst und berücksichtigen die spezifischen Anforderungen der Bauwerke. Entsprechend der BNB-Systematik werden für Straßeninfrastrukturen diese Aspekte gleichwertig über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks berücksichtigt.

### 3.4.1 Lebenszyklusbetrachtung

Um Nachhaltigkeitsanforderungen an die Straßeninfrastruktur zukünftig zu erfüllen, sind neue Methoden gefragt. Eine vorausschauende Lebenszyklusbetrachtung des Bauwerks beginnt in der Planungsphase, da hier die größte Wirkung zur Erstellung eines möglichst nachhaltig realisierten Bauwerks liegt.

Bei der Lebenszyklusbetrachtung unterscheidet man zwischen technischen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Lebensdauern. Während letztere sich eher auf Effekte unterschiedlicher Erhaltungsstrategien beziehen, beschreibt die technische Lebensdauer die absehbare Dauer, in der das Straßenelement der bestimmungsgemäßen Nutzung genügen soll. Diese Definition wird im Folgenden verwendet.

Während Brücken für eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden, beträgt die durchschnitt-

liche Lebensdauer der Straßenbefestigung 20 bis 30 Jahre. Dem Unterbau von Straßen wird hingegen eine Lebensdauer von 50 bis 100 Jahren zugeschrieben. Durchschnittliche Lebensdauern von Ausstattungselementen sind zum Teil deutlich kürzer, z. B. Beschilderungen, Schutz- und Leiteinrichtungen 10 bis 15 Jahre, Markierungen 2 bis 5 Jahre, usw.. Die Lebensdauer wird wesentlich durch die Qualität der verwendeten Materialien und der Herstellung, die Belastung der Straße durch den Verkehr sowie durch die Einwirkungen aus Umwelt und Klima in der Nutzungsphase bestimmt. Diese Größen variieren sehr stark.

Qualität und Wert der Straßeninfrastrukturen ergibt sich in Abhängigkeit von Lebenszyklusaspekten. Die dabei zu berücksichtigenden Phasen betreffen den Zeitraum der Herstellung, unterteilt in Planungsphase und Bauausführungsphase, die Zeiträume der Nutzung und des Rückbaus (s. Bild 2).

Die Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien erfordert dazu erhöhte Anforderungen an die Qualität von Planung, Ausführung und Erhaltung von Baumaßnahmen. Für die einzelnen Lebenszyklusphasen besteht umfassendes Entwicklungspotenzial mit dem Gesamtziel einer zukunftsfähigen Straßeninfrastruktur [6] u. a.:

- Planung: Entwicklung eines ganzheitlichen und lebenszyklusbezogenen Bewertungsverfahrens zur Ermöglichung von Variantenvergleichen. Einbeziehung der relevanten ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen und funktionalen Aspekte. Einbeziehung von Nachhaltigkeitsaspekten in Ausschreibungsverfahren.
- Ausführung: Verbesserung der technischen Qualität. Entwicklung neuer Lebenszykluskon-

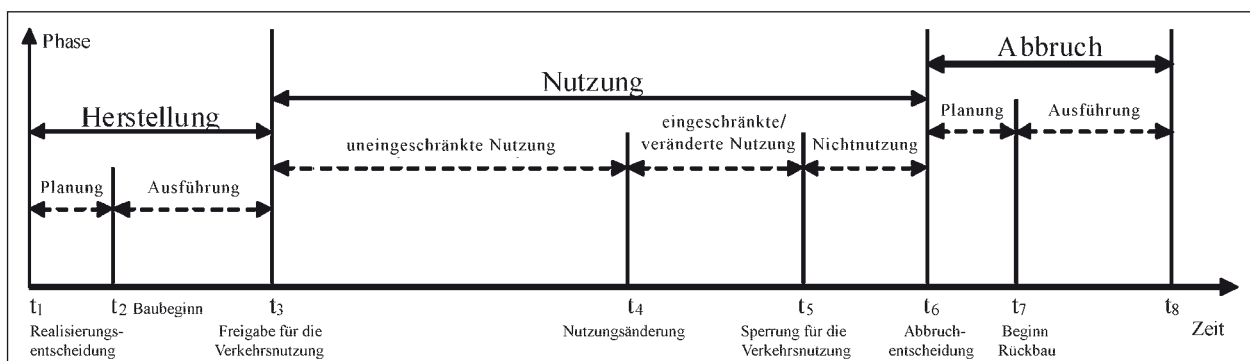


Bild 2: Lebenszyklus von Ingenieurbauwerken [6]

zepte für Elemente der Straßeninfrastruktur, Weiterentwicklung von Baustoffen und Bauverfahren zur Erhöhung der Lebensdauer und Ressourceneffizienz, Verkürzung von Bauzeiten und Reduktion von Auswirkungen auf Dritte, Steigerung der Prozessqualität. Entwicklung verbesserter Methoden der Qualitätssicherung, Fortschreibung der Regelwerke im Hinblick auf die Ausführung.

- **Erhaltung und Betrieb:** Berücksichtigung des Lebenszyklus unter Einbeziehung des Ertüchtigungs- und Erweiterungsbedarfs. Dabei Fokussierung auf Objekt- und Netzebene.

Bei dem Ende des Lebenszyklus wird im Allgemeinen zwischen zwei Szenarien unterschieden. Diese Betrachtungsweise ist für die Ökobilanzierung eines Baustoff, Bauteils oder Bauwerks von großer Bedeutung, da sie zu einem deutlich unterschiedlichen Ergebnis führen kann. Es wird unterschieden zwischen den Betrachtungsweisen:

#### **Cradle to Cradle (von der Wiege bis zur Wiege)**

Bei dieser Betrachtungsweise werden die eingesetzten Baustoffe nach der Nutzungszeit bis zur Wiederverwendung an einem neuen Bauteil/Bauwerk oder Wiederverwertung betrachtet. Der Ausdruck *cradle to cradle* beschreibt diesen Kreislauf. Der Folgebaustoff kann qualitativ minderwertiger sein als der ursprüngliche Baustoff, wenn der wiederverwendete Baustoff nach dem Ausbau ggf. aufbereitet werden muss und dadurch nicht die gleiche Qualität zum ursprünglichen Baustoff hergestellt werden kann (z. B. bei der Wiederverwertung von Beton). Bei anderen Materialien und in bestimmten Fällen wird die Qualität des Baustoffs nicht gemindert (z. B. Stahlbauträger).

#### **Cradle to Grave (von der Wiege bis zur Bahre)**

Diese Betrachtungsweise beschreibt den Lebensweg eines Baustoffes der nicht wiederverwendet oder verwertet werden kann (z. B. bitumenhaltige Abdichtungsbahnen). Diese Baustoffe oder Bauprodukte werden nach ihrer Verwendung auf einer Deponie abgelagert oder müssen in einer Verbrennungsanlage entsorgt werden.

In der Nachhaltigkeitsbewertung wird festgelegt welche Betrachtungsweise für die Ökobilanzierung angewendet werden soll.

### **3.4.2 Ökobilanzierungen**

Ökologische Aspekte können im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung durch Ökobilanzverfahren berücksichtigt werden. Mit ökologischen Bilanzierungen (Life-Cycle-Assessment – LCA) werden die möglichen Auswirkungen eines Produktes, eines Verfahrens oder einer Tätigkeit auf die Umwelt im Verlauf der gesamten Lebenszeit bewertet. Der Lebenszyklus des Produktes beinhaltet dabei die Rohstoffgewinnung, die Produktion, die Anwendung, die Abfallbehandlung und ggf. das Recycling.

Bei der Ökobilanzierung wird die Verwendung bestimmter Ressourcen (Inputs) quantitativ bemessen (z. B.: Energie, Rohstoffe, Wasser). Zudem werden die Emissionen in die Umwelt (Outputs) in Luft, Wasser und Boden, die mit dem untersuchten System in Verbindung zu bringen sind, beurteilt. Diese Input- und Output-Stoffströme werden auch als Umweltleistung bezeichnet.

Diese systematische Beschreibung der Umweltleistung baut auf der international anerkannten wissenschaftlichen Methode zur Untersuchung der Umweltleistung eines Produktes auf und ist in der ISO 14040 (Umweltmanagement: Ökobilanz, Prinzipien und allgemeine Anforderungen) formuliert. Die Umweltauswirkungen dieser Stoffströme werden nach international anerkannten und öffentlich zugänglichen Konventionen kategorisiert und charakterisiert. Das Ergebnis sind Kennzahlen, die für Umweltauswirkungen, wie z. B. Treibhauseffekt, Versauerung oder Überdüngung, direkt deklariert werden können [7, 8, 9].

Die Wirkungskategorien verschiedener bestehender LCA-Verfahren [10, 11] lehnen sich häufig an die Vorgaben der DIN EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Regeln für Produktkategorien“ an und es sollten nach Norm mindestens die Wirkungskategorien nach Tabelle 1 aufgestellt werden:

Es können auch andere Wirkungskategorien gewählt werden, wenn aus dem Blickwinkel des Betrachters relevante Auswirkungen auf die Umwelt nicht erfasst werden, wie z. B. Naturraumbeanspruchung oder Humantoxizität.

Bezugsgrößen für LCA-Verfahren sind die Stoffströme, welche im Rahmen eines Verfahrens anfallen. Hier ist die Wahl der Bezugsgröße wichtig z. B. auf Baustoffebene 1 m<sup>3</sup> Beton bzw. 1 kg Stahl oder auf funktioneller Ebene 1 m<sup>2</sup> Brückenfläche.

Wirkungskategorie	Einheit je funktioneller oder deklarerter Einheit
Treibhauspotenzial	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente
Ozonzerstörungspotenzial (stratosphärisches Ozon),	kg R11-Äquivalente
Versauerungspotenzial für Luft und Wasser	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente
Überdüngungspotenzial	kg PO <sub>4</sub> -Äquivalente
Photochemisches Ozonbildungspotenzial (bodennahes Ozon)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalente
Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen <sup>1</sup> (ohne nicht erneuerbare Primärenergie)	kg FE-Äquivalente
<sup>1</sup> Der Bezugsrahmen dieser Wirkungskategorie wird im Rahmen der Normung noch bearbeitet	

Tab. 1: Wirkungskategorien nach DIN EN 15804

### 3.4.3 Lebenszykluskosten

Die ökonomische Säule des nachhaltigen Bauens berücksichtigt die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Bauwerks. Dies beinhaltet die Optimierung der Gesamtkosten über den kompletten Lebenszyklus eines Bauwerks sowie die wirtschaftliche Optimierung der Zeitpunkte für Investitionen, Erneuerungs- und Wartungszyklen. Bisher werden die Entscheidungen über die Realisierung eines Straßeninfrastrukturprojektes lediglich über die Höhe der (einmaligen) Investitionskosten getroffen. Die meisten Kosten entstehen jedoch während der Nutzungsphase. Darüber hinaus sind die indirekten externen Kosten, das sind zusätzliche Aufwendungen, die durch die Beeinträchtigung für den Nutzer entstehen, zu berücksichtigen. Das Ziel einer Bewertung ökonomischer Kriterien im Rahmen von Nachhaltigkeitsbetrachtungen besteht in der Minimierung von Lebenszykluskosten sowie von Beeinträchtigungen im Rahmen der Nutzung von Verkehrsinfrastrukturbauwerken.

Die Kostenbestandteile im Lebenszyklus eines Infrastrukturbauwerks können in Herstell-, Nutzungs- und Abbruchkosten unterteilt werden. Die Herstell- und Abbruchkosten lassen sich unter Berücksichtigung der gegebenen Parameter abschätzen. Die Schwierigkeit bei der Ermittlung der Erhaltungskosten über den gesamten Lebenszyklus liegt u. a. in der Prognostizierbarkeit des Erfordernisses und des Ausmaßes von Erhaltungsmaßnahmen. Diese werden aktuell über die Nutzungsdauern der einzelnen Ausstattungselemente bestimmt. Generell sind Elemente der Straßeninfrastruktur für unterschiedliche Lebensdauern ausgelegt, die durchaus 100 Jahre umfassen können. Über diesen langen Zeitraum muss es ermöglicht werden die anfallenden Kosten annähernd vorherzubestimmen um so Entscheidungen vorzubereiten, die langfristig einen

Nutzen haben und gleichzeitig, trotz ggf. höherer Investitionskosten, die späteren Generationen sowie die benötigten Ressourcen entlasten. Weiterhin ist zu beachten, dass infolge der Durchführung von Baumaßnahmen bei der Herstellung, der Erhaltung und dem Abbruch durch Verkehrseinschränkungen für die Nutzer externe Kosten in Form von zusätzlichen Aufwendungen für Zeitverlust, Mehrverbrauch von Kraftstoffen oder durch verändertes Unfallgeschehen entstehen.

Entwicklungsziel aktueller Arbeiten ist die Bereitstellung eines möglichst objektiven, transparenten und handhabbaren Verfahrens zur Bewertung ökonomischer Kriterien im Rahmen von Nachhaltigkeitsbetrachtungen. Aus Transparenzgründen werden Lebenszykluskosten und externe Kosten getrennt voneinander bilanziert.

Im Gegensatz zu bestehenden Bewertungsverfahren für den Hochbau spielen externe Effekte oftmals eine wesentliche Rolle und können schnell ein enormes Kostenniveau erreichen. Daher muss neben der generellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit am Bewertungssystem vor allem auch ein wissenschaftlich fundiertes und dennoch für die praktische Anwendung taugliches Werkzeug erarbeitet werden, mit dem die externen Effekte wirkungsvoll in das Gesamtkonzept integriert werden können. Um dabei zu verhindern, dass das Gesamtergebnis zu stark von einzelnen Aspekten dominiert wird (z. B. durch die externen Kosten), erscheint die Einführung eines detaillierten und ausgewogenen Punkt- und Wertesystems (vergleichbar mit der Vorgehensweise im Hochbau; Ziel-, Grenz- und Referenzwerte) Erfolg versprechend.

Die Ermittlung der direkten Bauwerkskosten erfolgt i. d. R. in Form einer vereinfachten Lebenszykluskostenrechnung nach der Kapitalwertmethode.

Die Angabe aller Kosten erfolgt netto und wird auf eine Bezugsgröße bezogen. Die Summe der Herstellungskosten sowie der auf das Erstellungsjahr abgezinsten Folgekosten wird als Kapitalwert der Lebenszykluskosten  $K_{KW}$  [€] bezeichnet und wie folgt berechnet [5]:

$$K_{KW} = H + \sum_{t=1}^{td} \frac{H * f_{Re} * (1+p)^t}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^{td} \frac{UE_t * (1+p)^t}{(1+i)^t}$$

mit

$K_{KW}$  Kapitalwert [€]

H Herstellungskosten [€]

t das zu betrachtende Jahr

$t_d$  Ende des Betrachtungszeitraums

$f_{Re}$  Erhaltungsfaktor für regelmäßige Erhaltung (Wartung, Inspektion und Ver- bzw. Ausbesserungen) [%]

$UE_t$  Kosten für unregelmäßige Erhaltungsmaßnahmen im Jahr t

i Kalkulationszins

p Preissteigerungsrate

Die Ermittlung der Folgekosten für die Nutzungsphase basiert auf einem Erhaltungsszenario. Hierbei ist zu beachten, dass die technischen und die organisatorischen Rahmenbedingungen zur Durchführung der Erhaltung so realistisch wie möglich gerechnet werden. Das Erhaltungsszenario muss gemeinsam für die Ökobilanz, die Lebenszykluskostenrechnung und die Zeitverluste übereinstimmen.

Für Baustoffe und Bauteile, deren Nutzungsdauer geringer ist als der angesetzte Betrachtungszeitraum, sind eine oder mehrere Erhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Diese Maßnahmen bestehen in der Regel aus einem kompletten Austausch des Baustoffs bzw. Bauteils. Zusätzlich sind für Bauteile, deren Nutzungsdauern zwar den angesetzten Betrachtungszeitraum aufgrund ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber äußerer Einflüsse erreichen können, lokale Instandsetzungsmaßnahmen vorzusehen, um die volle Leistungsfähigkeit des Bauwerks bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes zu erhalten (z. B. Brückenoberbau aus Beton). Unvorhersehbare Erhaltungsmaßnahmen, etwa infolge Schäden nach Katastrophenereignissen, werden nicht berücksichtigt [12].

Die externen Kosten ergeben sich infolge baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung aus monetarisierten Zeitverlusten und Mehrkilometern.

Die zu erwartenden externen Kosten werden durch Pkw und SV als Gesamtkosten [€/((DTV))] aller betroffenen Fahrstrecken berechnet. Dabei werden sowohl externe Kosten der betroffenen Fahrzeuge auf der primären (Zeitverlust durch den unmittelbar am Bauwerk gebildeten Stau) Fahrstrecke berücksichtigt als auch die externen Kosten der betroffenen Fahrzeuge auf sekundären (z. B. Zeitverluste die aufgrund von Umfahrungen der Baustelle zustande kommen) Fahrstrecken. Hierzu sind alle relevanten Baumaßnahmen (Neubau, Unterhaltung, Instandsetzung und Erhaltung) im vorgegebenen Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen [12].

#### 3.4.4 Soziale und technisch-funktionale Aspekte

Die Bewertung im sozialen Bereich basiert im Vergleich zur Lebenszykluskostenrechnung und zur Ökobilanzierung nicht auf allgemein festgelegten Konventionen. Mit der DIN EN 15643-3 wird eine erste konzeptionelle Übersicht der sozialen Qualitätskriterien für Hochbaugebäude veröffentlicht [13]. Im Hochbau gibt es bezüglich der Inhalte und Bedeutung der existierenden Indikatoren keine einheitliche Meinung und es wird eine weitere Untersuchung der Zusammenhänge und Auswirkungen empfohlen. Hier werden methodische Unsicherheiten und fachlich auseinandergelagerte Meinungen klar ersichtlich. Die aufgeführten sozialen Aspekte lassen sich nur zu einem sehr kleinen Teil auf Infrastrukturbauelemente übertragen, da sie an die Funktion von Büro- und Wohngebäuden angepasst sind und Aspekte wie beispielsweise Innenluftqualität, Wärmeschutz, Brandschutz und Barrierefreiheit in den Vordergrund stellen [14].

Mit sozialen Kriterien wird versucht, die vornehmlich auf das Bauwerk selbst ausgerichtete Systemgrenzen zu erweitern und Aspekte im Umfeld zu integrieren. Aspekte wie Lärm- und Lichtemissionen und Beständigkeit gegen klimatische und ungewöhnliche Einwirkungen spielen auch für Brückenbauwerke eine Rolle.

So sind bei der Planung von Straßeninfrastrukturen verschiedene (auch teilweise gegenläufige) Interessen, z. B. der Wunsch nach Mobilität oder 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 [15].

Die technische Qualität eines nachhaltigen Bauwerkes bezieht sich auf Eigenschaften welche die Nutzung des Bauwerks verbessern wie z. B. die Wartungsfreundlichkeit des Bauwerks, ob Möglichkeiten von Verstärkungsmaßnahmen am Bauwerk leicht realisiert werden können oder ob sich im Falle des Rückbaus Bauteile oder Baustoffe leicht demontieren und recyceln lassen.

Die Prozessqualität bewertet den Planungs- und Ausführungsprozess und zielt auf einen optimierten Bauablauf, auf die Sicherstellung der erforderlichen Ausführungsqualität sowie auf möglichst vollständige Objektdokumentation, wodurch spätere Wartung- und Instandhaltung des Bauwerkes erleichtert werden können.

#### 4 Konzeption der externen Forschungsplanung

Die Realisierung einer Systematik für Straßeninfrastrukturen, entsprechend dem BNB-Verfahren, umfasst komplexe Aufgabengebiete wie z. B. die Zielsetzung, Einzelkriterien für Elemente der Straßeninfrastruktur, die Berücksichtigung der Lebenszyklusphasen, Systemanalysen und Hinweise zur Einführung, die genau aufeinander abgestimmt sein sollten. Zur Erfüllung des Auftrages wurde in der BAST ein Konzept entwickelt, welche die Umsetzung einer Systematik entsprechend dem BNB-Verfahren vorsieht. Da der Forschungsansatzes nicht mit eigener Kapazität umgesetzt werden konnte, wurden Forschungsmittel hauptsächlich aus dem 12-Milliarden-Programm der Bundesregierung realisiert.

Der Gesamtumfang des Forschungsansatzes zur Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur ist in Bild 3 dargestellt.

Der Forschungsansatz sieht die Entwicklung eines Bewertungssystems vor, welches entsprechend der Vorgehensweise des BNB-Verfahrens mit geringen Abweichungen aufgebaut sein soll. Der Be-

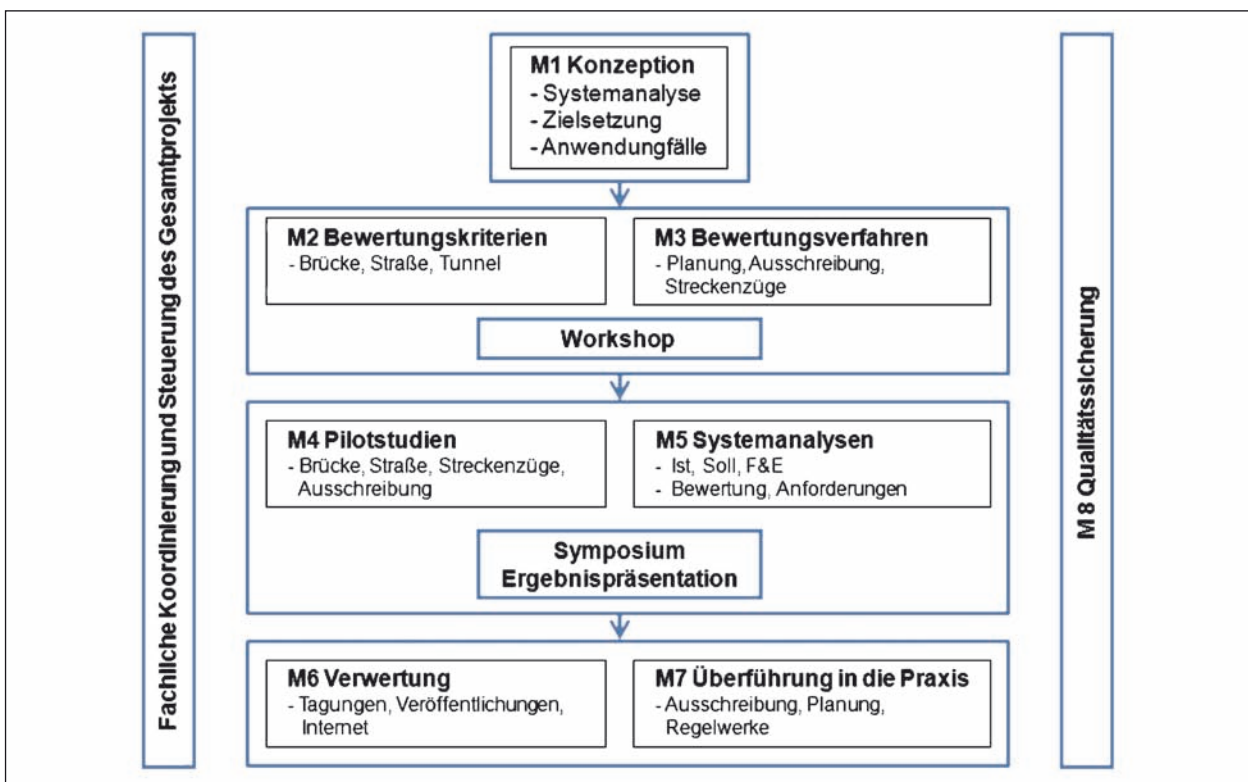


Bild 3: Forschungsansatz zur Realisierung einer Nachhaltigkeitsbewertung für Straßeninfrastrukturen

wertungsansatz und die Ziele des BNB-Verfahrens gemäß Bild 4 wird angestrebt.

Folgende weitere Randbedingungen sollte das System gewährleisten:

- Das System soll eine ganzheitlich Betrachtung (gleichwertige Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte) ermöglichen.
- Der Lebenszyklus des zu betrachtenden Elementes der Straßeninfrastruktur soll in der Nachhaltigkeitsbewertung berücksichtigt werden.
- Abweichend von der Vorgehensweise des BNB-Verfahrens strebt das BMVBS keine Zertifizierung für Straßeninfrastrukturbawerke an. Das Nachhaltigkeitsbewertungssystem soll als Planungswerkzeug für den Variantenvergleich sowie für Ausschreibung und Vergabe von Bauwerken entwickelt werden.
- Grundsätzlich sollen die Bewertungsverfahren aufbauend auf bestehenden, bereits vorhandenen Systemen und Bewertungsmethoden wie BVWP, UVP, oder RAS-W entwickelt werden.

- Das System wird nur für die Objektebene entwickelt, eine Bewertung auf Netzebene soll mit dem Verfahren nicht realisiert werden.

Die Randbedingungen für das System wurden mit der Arbeitsgruppe abgestimmt. In der Entwicklung zeigt sich, dass der Aufbau des Systems welches auf bestehenden Regelwerken/Systemen erfolgt jedoch schwierig gestaltet. Insbesondere die Einbeziehung einer möglichen Übererfüllung gesetzlich-normativer Anforderungen, welche ein Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren beinhalten sollte, um auch Innovationen in einem solchen System zu ermöglichen, konnte nicht abschließend geklärt werden.

## 5 Teilprojekte

Für die wesentlichen Elemente der Straßeninfrastruktur wurden die maßgeblichen Kriterien ermittelt und wo möglich, Referenz-, Ziel- und Grenzwerte bestimmt, sodass jeweils angepasste Bewertungsverfahren für die frühe Planungsphase der freien Strecke, Brücken und Tunnel erstellt werden konnten. Im Folgenden wird eine zusammenfassende Übersicht der abgeschlossenen Projekte

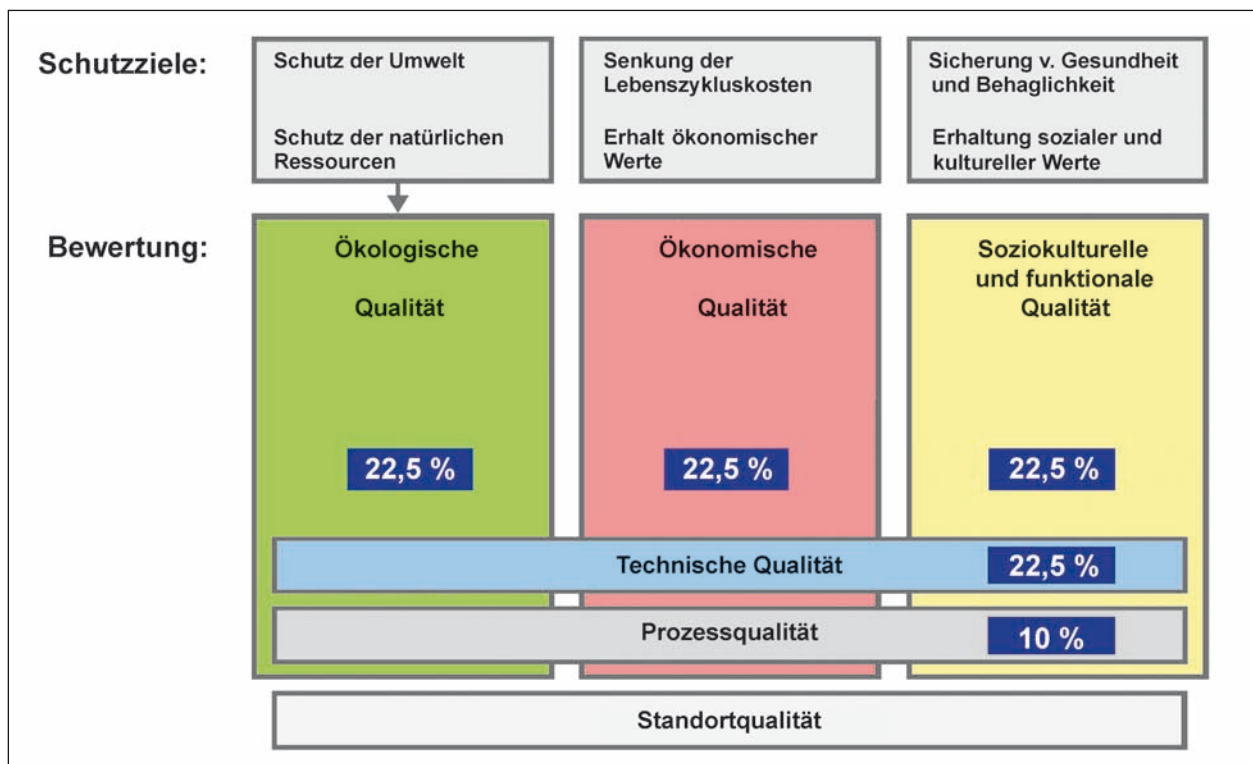


Bild 4: Bewertungsansatz des BNB-Verfahrens für den Hochbau

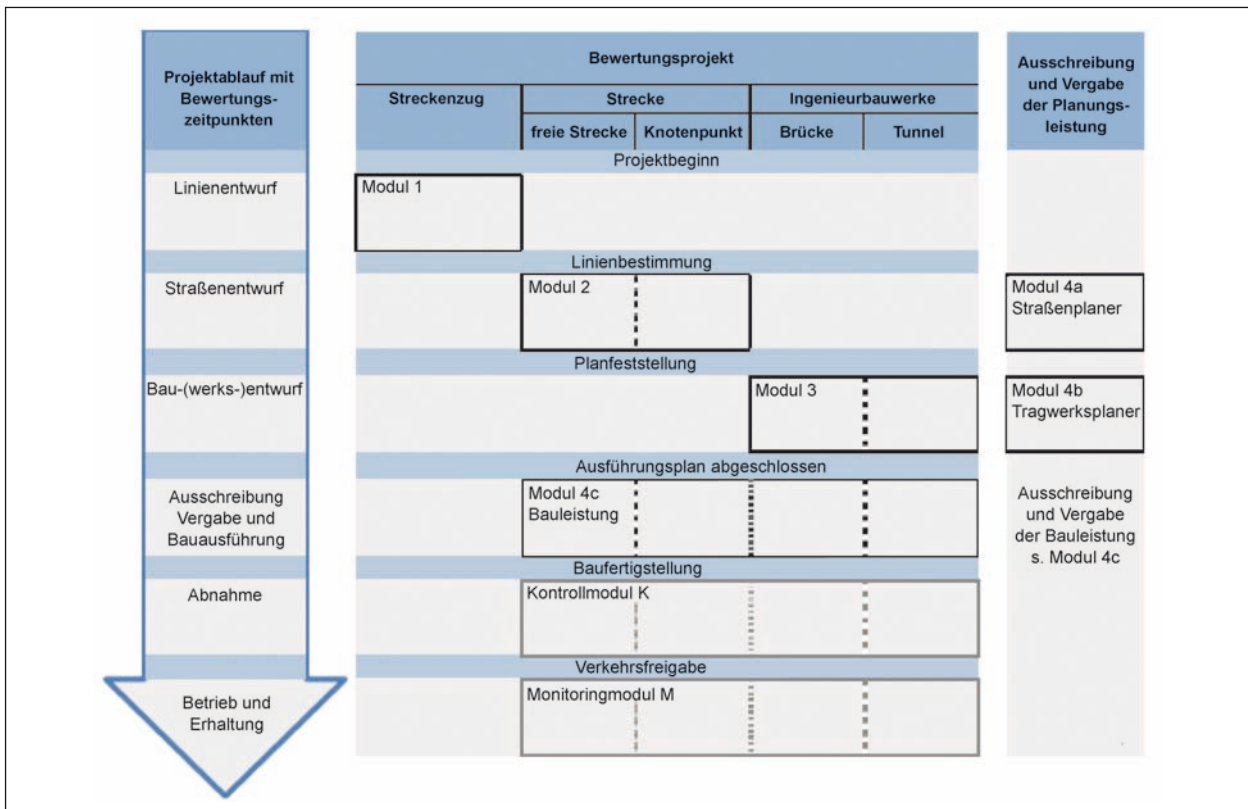


dargestellt. Die Inhalte sind den aufgeführten Forschungsberichten entnommen.

**5.1 FE 09.0162/2011/LRB  
„Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur“ [15]**

Das Gesamtsystem der Nachhaltigkeitsbewertung für Straßeninfrastrukturen wird im o. g. Projekt mit den Randbedingungen und den Anwendungsgrenzen beschrieben. Um eine maximale Anpassungsmöglichkeit durch die unterschiedlichen funktionalen Anforderungen an die verschiedenen Elemente der Straßeninfrastruktur (Linienführung, Straße, Brücke Tunnel) zu gewährleisten, wurde ein modularer Aufbau für das Nachhaltigkeitsbewertungssystem gewählt (Bild 5). Die Anwendungsgrenzen und Einsatzzeitpunkte zwischen den verschiedenen Bewertungsmodulen wurden definiert. Die Bewertungszeitpunkte der einzelnen Module sind in Bild 5 abgebildet und hier nur bis zur Betriebs- und Erhaltungsphase dargestellt.

Der Linienentwurf bzw. die Trassenplanung, erfolgt in den frühen Planungsphasen eines straßenbautechnischen Projekts und stellt den ersten Einsatzzeitpunkt für das Bewertungsverfahren dar. Die Planungsgenauigkeit steigert sich vom Linienentwurf bis zur Ausschreibung. 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 Datenlage zum jeweiligen Planungsstand angepasst sind. Mit dem Ende einer Planungsphase werden die Ergebnisse des Nachhaltigkeitsmoduls an die nächste Planungsphase und das folgende Nachhaltigkeitsmodul übergeben. Daher sollte angestrebt werden, relevante Kriterien möglichst früh zu berücksichtigen und soweit sie in späteren Planungsstadien noch Relevanz aufweisen, bis zum Bauwerksentwurf oder der Ausschreibung durchzuführen. Kriterien, die in späteren Planungsphasen nicht mehr relevant sind, müssen dort allerdings entfallen. Gegebenenfalls können die Kriterien im Kontrollmodul nach der Abnahme wieder aufgegriffen werden.



**Bild 5:** Konzeption der Bewertungsthemen und -objekte

Zu den unterschiedlichen Bewertungszeitpunkten sind nicht für alle Elemente der Straßeninfrastruktur Module erforderlich bzw. möglich, da zum Zeitpunkt der Linienbestimmung keine Detailkenntnisse zu speziellen Bauwerken vorliegen. Diese Module können daher erst später zum Zeitpunkt des Bauwerksentwurfes ausgearbeitet werden.

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

Derzeit ist noch nicht abschließend geklärt ob für die freie Strecke und Tunnelbauwerke Kontrollmodule entwickelt werden sollen. Nur mit den Kontrollmodulen kann überprüft werden ob die geplante und vertraglich vereinbarte Nachhaltigkeit auch ausgeführt wurde.

Für die Betriebsphase ist in diesem Konzept ein Monitoringmodul vorgesehen. Im Rahmen dieses Moduls kann der Betrieb von Streckenabschnitten oder Bestandsbauwerken bewertet werden. Das Monitoringmodul sollte in regelmäßigen Abständen angewendet werden um die Veränderungen der Bewirtschaftung, die sich im Laufe des Betriebs ergeben, zu erfassen.

## Fazit

Im Rahmen der Untersuchung wurde dargestellt, dass insbesondere die Nutzwertanalyse ein geeig-

netes Instrument für die Nachhaltigkeitsbewertung von Straßeninfrastrukturen ist. Hierdurch können verschiedene Aspekte getrennt analysiert werden und der jeweilige Nutzen für das gewünschte Ziel transparent und nachvollziehbar aufgezeigt werden. Im Forschungsvorhaben wurden wichtige Vorüberlegungen zur Konzeptionierung des Bewertungssystems ausführlich dargelegt. Alle Ergebnisse sind in ein umfassendes Konzept eingeflossen, welches die Grundlage bildet, um zukünftige Bewertung von Straßeninfrastruktur zu ermöglichen.

## 5.2 FE-Nr. 15.0494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke in Hinblick auf Nachhaltigkeit“ [16]

An Brückenbauwerken sollte eine erste Übertragbarkeit des Bewertungsverfahrens aus dem Hochbau getestet werden. Das entwickelte Bewertungsmodul entspricht in der Vorgehensweise und der Gewichtung den Verfahren der BNB-Systematik. Jedoch mussten die Kriteriensteckbriefe den Anforderungen für Brückenbauwerke sowie verkehrstechnischen Gesichtspunkten angepasst werden. Das Bewertungsmodul wurde für fertige Brückenbauwerke entwickelt und kommt somit bei der Abnahme des Bauwerks zum Einsatz. Die Bewertung der Bauwerke basiert auf 23 charakteristischen Kernkriterien, die den vier Nachhaltigkeitsaspekten „Ökologische Qualität“, „Ökonomische Qualität“, „Soziale und funktionale Qualität“ sowie der „Technischen Qualität“ zugeordnet wurden (Tabelle 2). Die Hauptkriteriengruppen werden jeweils mit 22,5 % gewichtet. Für die grau hinterlegten Kriterien bestand zunächst keine Möglichkeit der Bewertung, da derzeit kein geeigneter Bewertungsmaßstab angewendet werden konnte. Diese Kriterien wurden aber als relevante Kriterien identifiziert. Sobald ein geeigneter Bewertungsmaßstab gefunden oder festgelegt wird sollten die grau hinterlegten Kriterien aktiviert werden. Bild 6 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Kriteriensteckbriefe.

Da das Bewertungsmodul gemäß Bild 5 einem Kontrollmodul entspricht, kann hier auch der abgelaufene Bauprozess beurteilt und bewertet werden. Der Bauprozess fällt von seiner Bedeutung zur Berücksichtigung von Kriterien der Nachhaltigkeit deutlich geringer aus und wird daher nur mit einem

Hauptkriterien-gruppe	Kriterien-gruppe	Nr./Titel	Gewichtung Einzelkriterium Gesamt-bewertung	Punkte-kriterium		Bedeu-tungs-faktor	Erfül-lungs-grad	Gewich-tung Gruppe	Gesamt-erfüllungs-grad
				IST	SOLL				
Ökologische Qualität	Wirkung auf die globale Umwelt	1.1	Treibhauspotenzial (GWP)	4,500 %		10	3	0,0 %	22,5 %
		1.2	Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)	1,500 %		10	1		
		1.3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	1,500 %		10	1		
		1.4	Versauerungspotenzial (AP)	1,500 %		10	1		
		1.5	Überdüngungspotenzial (EP)	1,500 %		10	1		
		1.6	Risiken für die lokale Umwelt	1,500 %		10	1		
		1.7	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt						
		1.8	Umweltwirkungen infolge von bau-bedingter Verkehrsbeeinträchtigung	4,500 %		10	3		
	Ressourcen-inanspruch-nahme und Abfallauf-kommen	1.9	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)	4,500 %		10	3		
		1.10	Primärenergiebedarf erneuerbar (PEe)	1,500 %		10	1		
		1.11	Wasserbedarf und Abwasseraufkommen						
		1.12	Flächeninanspruchnahme						
		1.13	Abfall						
Öko-nomische Qualität	Lebenszykluskosten	2.1	Direkte bauwerksbezogene Kosten im Lebenszyklus	13,500 %		10	3	0 %	22,5 %
	Weiter-entwicklung	2.2	Externe Kosten infolge von bau-bedingter Verkehrsbeeinträchtigung	9,000 %		10	2		
Soziokulturelle und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzer-zufriedenheit	3.1	Lärmschutz	5,625 %		10	2	0 %	22,5 %
		3.2	Komfort	5,625 %		10	2		
	Funktionalität	3.3	Umnutzungsfähigkeit	5,625 %		10	2		
		3.4	Betriebsoptimierung	5,625 %		10	2		
		3.5	Sicherheit gegenüber Störfallrisiken (Security)						
		3.6	Verkehrssicherheit (Safety)						
Technische Qualität	Qualität der technischen Ausführung	4.1	Elektrische und mechanische Einrichtungen	3,000 %		10	1	0,0 %	22,5 %
		4.2	Konstruktive Qualität	9,000 %		10	3		
		4.3	Wartungs- und Instandhaltungs-freundlichkeit	6,000 %		10	2		
		4.4	Verstärkung und Erweiterbarkeit	1,500 %		10	0,5		
		4.5	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	3,000 %		10	1		
Prozessqualität	Qualität der Bauausführung	5.1	Qualifikation des Planungsteams und Qualität der Planung	3,750 %		10	3	0,0 %	10,0 %
		5.2	Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in der Ausschreibung	2,500 %		10	2		
		5.3	Baustelle/Bauprozess						
		5.4	Qualität der ausführenden Firmen/ Präqualifikation						
		5.5	Qualitätssicherung der Bauausführung	3,750 %		10	3		

Tab. 2: Tabelle der Kriteriensteckbriefe mit Gewichtungsfaktoren für fertiggestellte Brückenbauwerke

Prozentsatz von 10 % gewichtet. Innerhalb der Hauptkriterien-gruppe sind die Einzelkriterien nochmals ihrer Bedeutung nach unterschiedlich gewichtet. Die Gewichtung der Einzelkriterien ist in dem vorliegenden Bewertungssystem entsprechend

dem BNB-System festgelegt und soll nicht durch Projektverantwortliche der operativen Ebene geändert werden. Im Verlauf der Diskussion der Projektergebnisse hat sich gezeigt, dass die Gewichtung der Einzelkriterien variabler gestaltet werden sollte.

Bewertungssystem Infrastrukturbauewerke		
<b>Hauptkriteriengruppe:</b>	Technische Qualität	20.12.2010
<b>Kriterium:</b>	Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	Kriterien-Nr.: 4.3
<b>Bewertungsgegenstand:</b>	Infrastrukturbauewerke – Brücken	
<b>Zielsetzung &amp; Relevanz</b>	Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit, die ein Brückenbauwerk besitzt, ist ein Kriterium, welches sich oft nachträglich als maßgebender Kostenfaktor erweist. Ein Brückentragwerk verursacht während einer prognostizierten Lebensdauer direkte und externe Kosten, die unter Umständen die Herstellungskosten überschreiten. Konstruktionsart, Materialwahl und -zusammensetzung sowie die Randbedingungen Lage und Klima bestimmen wesentlich dessen Aufwand.	
<b>Beschreibung und Kommentar</b>	Aufgrund der finiten Dauerhaftigkeit der in Kriterium 2, Anlage 1 erwähnten Bauteile müssen in regelmäßigen Abständen Wartungen und Instandhaltungen stattfinden. In jeweils einem Abschnitt soll die Wartungs- und die Instandhaltungsfreundlichkeit beschrieben werden.	
<b>Bewertungsmethode</b>	Evaluierung des Berichts des Planungsteams zu dem Kriterium 4.3 "Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit" auf Basis des Bewertungsmaßstabs in der jeweiligen Anlage.	
<b>Beschreibung der Methode</b>	Die Gesamtbewertung des Kriteriums 4.3 ergibt sich über die Summe der Checklistenpunkte (CP) der relevanten Teilkriterien. Ein Gesamterfüllungsgrad von 100 % (100 erreichte CP von insgesamt 100 erreichbaren CP) ergibt die maximale Bewertung für das Gesamtkriterium von 10 Bewertungspunkten. Das Planungsteam soll in einer kurzen Beschreibung des jeweiligen Unterkriteriums absatzweise die Sinnhaftigkeit ihrer Planung unterstreichen. Für den Bericht sind maximal 2 DIN A4 Seiten einzureichen.  Die im Bericht getroffenen Aussagen sind durch entsprechend fundierte Unterlagen/Nachweise zu belegen.	
<b>Bewertungsmaßstab</b>	<b>Tabelle 1: Punktzuordnung von Grenz-, Referenz- und Zielwert für das Kriterium "Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit"</b>	
	Checklistenpunkte	Bewertungspunkte
Zielwert Z:	100	10
Referenz-/Grenzwert R:	50	5
Funktion	Abschnittsweise linear, die Zwischenwerte sind zu interpolieren.	
<b>Erläuterung der Bewertung Interpretationshinweise</b>	Die Bewertung ergibt sich aus der erreichten Summe der Checklistenpunkte "Mindestanforderung" sind die normativ und vertraglich vorgegebenen Grundlagen. Die Benotung erfolgt auf Basis der Bewertungsmaßstäbe	
<b>Dokumente, Normen Rechenhilfen etc.</b>	[1] Din Fachberichte 100-104, Berlin, Beuth Verlag [2] SCHLAICH, J. & PAUSER, A. (2004): Beton Kalender 2004, Teil 1. Berlin: Ernst und Sohn Verlag [3] KATZUNG, W. (2006): Stahlbau Kalender 2006, Teil 1. Berlin: Ernst und Sohn Verlag [4] RAB-Ing: Richtlinien für das Aufstellen von Bauwerksentwürfen für Ingenieurbauten (Entwurf 1995) [5] Bundesanstalt für Straßenwesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau [6] Forschungsgruppe-FOGIB, D. (1997): FOGIB – DFG Forschergruppe – Abschlussbericht. Stuttgart: Institut für Konstruktion und Entwurf II Universität Stuttgart	
<b>Anmerkungen/ Hinweise/ Kommentare</b>		

Bild 6: Schemata eines Kriteriensteckbriefes

Es wurde der Wunsch geäußert, die Unterkriterien durch Projektverantwortliche selbst festlegen zu lassen, um z. B. besonderen Standortbedingungen oder speziellen Anforderungen an das Bauwerk individuell berücksichtigen zu können.

## Fazit

Mit 23 Einzelkriterien lässt sich ein Brückenbauwerk nach dem Vorbild der BNB-Systematik im Hinblick auf Nachhaltigkeit bewerten. Als wesentlicher Unterschied zu dem BNB-Verfahren fallen bei Brückenbauwerken in der Lebenszyklusbetrachtung

keine Energiekosten zur Erwärmung des Bauwerks an. Dagegen müssen in die Betrachtung Kosten aus baubedingten Verkehrsbeeinträchtigungen einbezogen werden, welche direkt dem Bauwerk zugeschrieben sind, z. B. wenn die Übergangskonstruktionen am Brückenbauwerk ausgetauscht werden und dazu die überfahrbaren Fahrstreifen eingeschränkt werden. Mit dem entwickelten Verfahren konnte gezeigt werden, dass eine Übertragbarkeit der Systematik aus dem Hochbaubereich auf Elemente von Straßeninfrastrukturen grundsätzlich möglich ist.

### 5.3 FE-Nr. 15.0522/2011/FRB „Pilotstudie zum Bewertungs- verfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebens- zyklus“ [17]

Das entwickelte Bewertungsverfahren für Brückenbauwerke sollte an realen Bauwerken validiert werden. Dazu wurden Brückenbauwerke ausgesucht und von verschiedenen Ingenieurbüros und Instituten mit dem Bewertungsverfahren bewertet. Es wurden Kontrollrechnungen bzw. Quervergleiche von Bewertungen an Bauwerken durch die verschiedenen Institute und Ingenieurbüros vorgenommen, um festzustellen ob zwischen den Beteiligten durch ein grundsätzlich anderes Verständnis der Kriteriensteckbriefe eine andere Bewertung an einem Bauwerk zu Stande kommt. Bei der Zusammenstellung wurde darauf geachtet möglichst viele verschiedene Beispielbauwerke mit unterschiedlichen Randbedingungen und Bauverfahren zu bewerten, um eine mögliche generelle Einsetzbarkeit des Bewertungsverfahrens sicher zu stellen. Dazu wurde eine Verbundhohlkastenbrücke, eine Spannbetonhohlkastenbrücke, ein Spannbetonplattenbalken als Überführungsbauwerk (Spannbetonfertigteile mit Ortbetoneergänzung), eine integrale Verbundbrücke als Überführungsbauwerk (Verbundfertigteile mit Ortbetoneergänzung), und ein Stahlbaubrückenbauwerk in die Untersuchung einbezogen. Grundsätzlich konnte durch die Untersuchung gezeigt werden, dass eine Anwendung der Kriteriensteckbriefe und somit das Bewertungsverfahren für Brückenbauwerke erfolgen kann. Die relativ zeitintensive Bearbeitung von bis zu 120 h pro Bauwerk ergab sich zum einen aus der Bearbeitung eines neuen Verfahrens aber auch aus der aufwendigen Beschaffung der notwendigen Informationen. Generell muss bei vielen Kriterien aus dem Bereich der Funktionalität und der technischen Ausstattung eine Relevanzabfrage durchgeführt werden, da Bewertungskriterien teilweise nicht auf das jeweilige Brückenbauwerk anwendbar waren (z. B. Berücksichtigung einer Lärmschutzwand, Fahrbahnbeleuchtung, Glättevermeidungsanlagen). Bei der ökologischen Qualität wurde deutlich, dass einige für Straßeninfrastrukturen erforderlichen Datensätze nicht in der Ökobau.dat (Stand 2012) vorhanden sind (z. B. verschiedene Betone mit besonderen Eigenschaften, Transportbetone, verschiedene Spannstähle). Im Forschungsvorhaben mussten Ersatzwerte und Hilfswerte angenommen werden, die im Forschungsprojekt „Ganzheitliche Nachhal-

tigkeitsbewertung von Stahl- und Verbundbrücken“ [11] ermittelt wurden.

Generell sind für eine allgemeine Abschätzung für Brücken nur relativ wenige Ausgangswerte notwendig. Materialkennwerte für Brückenbauwerke werden für folgende Baustoffe benötigt:

- Betone verschiedener Festigkeitsklassen,
- verschiedene Baustähle,
- Bewehrungsstahl,
- Spannstahl,
- bituminöse Abdichtungen,
- Korrosionsschutzbeschichtungen.

Die Materialkennwerte der genannten Baustoffen sind einmalig in einer Datenbank (z. B. Ökobau.dat) zu definieren. Sollten bei speziellen Projekten Baustoffe fehlen, müsste diese durch zusätzliche Umweltproduktdeklarationen (EPD) der Hersteller abgedeckt werden.

In der Untersuchung zeigte sich, dass Prognosen der Verkehrsbelastung eine wichtige Rolle für die Bewertung von Kriterien aus dem Bereich der ökologischen und ökonomischen Aspekte spielen. Langfristige Verkehrsprognosen liegen aber i. d. R. streckenbezogen nicht vor. Ein Vorschlag für eine einheitliche Vorgehensweise ist hierzu noch zu erarbeiten. Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde deutlich, dass die in den Kriteriensteckbriefen angenommene Referenz-, Grenz- oder Zielwerte sich möglichst auf Werte aus bestehenden Regelwerken (BVWP, RAS-W, EWS) beziehen sollten, um eine Konsistenz der Regelwerke zu gewährleisten.

#### Fazit

Die Untersuchungen der Brückenbauwerke durch die verschiedenen Institute und Ingenieurbüros haben gezeigt, dass eine Nachhaltigkeitsbewertung für Brückenbauwerke nach dem Vorbild der BNB-Systematik durchführbar ist. Besonderes Augenmerk ist auf die Festlegung der Referenz-, Grenz- oder Zielwerte zu legen. Die Ergebnisse und Empfehlungen des Projekts werden in dem Projekt FE 15.589/2012/RRB „Pre-Check der Nachhaltigkeitsbewertung für Brückenbauwerke“ umgesetzt, in dem neue Referenz- Grenz- und Zielwerte für fertige Brückenbauwerke erarbeitet werden.

Es ist zu bedenken, dass die Bewertung am fertiggestellten Bauwerk in erster Linie der Qualitätssicherung dient, da es nach Abschluss der eigentlichen Herstellung keine Möglichkeiten für Veränderungen an der Struktur gibt. Der größere Hebelarm zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit an einem Ingenieurbauwerk liegt in der Planungsphase.

#### 5.4 FE 09.0164/2011/LRB „Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit – Straße und Tunnel“ [12]

Im Rahmen des Projektes sollte für die frühe Planungsphase ein Bewertungsmodul zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien für Straßenabschnitte von Bundesfernstraßen sowie für Tunnelbauwerke erstellt werden. Die für eine Nachhaltigkeitsbewertung relevanten Kriterien gliedern sich in die vier Hauptkriteriengruppen: ökologische Qualität, ökonomische Qualität, soziokulturelle und funktionale Qualität sowie die technische Qualität. Durch die Fokussierung auf die frühen Projektphasen entfällt, im Gegensatz zu Bewertungsverfahren welche für die Abnahme von Bauwerken geeignet sind, der Bereich Prozessqualität, bei dem Nachhaltigkeitspotenziale des Bauprozesses betrachtet werden. Aufgrund dieser Abweichung vom BNB-Verfahren verschiebt sich die Gewichtung der Aspekte von 22,5 % auf 25 %. Damit bleibt die ökonomische Qualität, ökologische Qualität, soziokulturelle und funktionale Qualität sowie die technische Qualität gleichwertig gewichtet.

Alternativ erweitert der Forschungsnehmer das punktebasierte Bewertungsverfahren um eine monetäre Bewertung der einzelnen Aspekte, da bei Planungsverfahren bislang die Finanzierung ein entscheidendes Kriterium ist. Hierdurch kann eine erhöhte Kostentransparenz erzeugt werden, die über die reine Baufinanzierung hinaus geht.

Das Projekt verfolgt den Ansatz des relativen Variantenvergleichs. Bei diesem Ansatz sind, abweichend vom BNB-Verfahren, Referenz-, Grenz- und Zielwerte von untergeordneter Bedeutung, da die Varianten eines Standortes verglichen werden und somit eine Aussage über den direkten Vergleich ge-

troffen werden kann. Zur Bewertung der einzelnen Kriterien stehen quantitative- und qualitative Bewertungsmethoden sowie Checklisten zur Verfügung.

Im Zuge einer einheitlichen Darstellung aller Teilbereiche: „freie Strecke“, „Brücke“ und „Tunnel“ sowie einer möglichen Zusammenführung in einem Gesamtpaket wurde die Darstellung der Steckbriefe aus dem bereits zuvor entwickelten Modul für fertige Brückenbauwerke übernommen. Nach Überprüfung der für die Teilbereiche „freie Strecke“ und „Tunnel“ relevanten Kriterien wurde festgestellt, dass sich die Kriterien bis auf wenige mit den Kriterien der Brücke überschneiden. Um immer wiederkehrende allgemeine Beschreibungen der Kriterien für die einzelnen Teilbereiche zu vermeiden, wurden diese in übergreifenden Steckbriefdeckblättern zusammengefasst. Ebenso wurden die Berechnungs- und Bewertungsmethoden zusammengefasst, welche auf einer identischen Vorgehensweise beruhen. Im Ergebnis konnte die Systematik der Kriteriensteckbriefe auf drei Ebenen zusammengefasst werden (Bild 7). In der obersten Ebene der Steckbriefdeckblätter finden sich Informationen zum verfolgten Ziel des Kriteriums und zu weiterführender Literatur. In der zweiten Ebene ist die Vorgehensweise der Berechnungs- oder Bewertungsverfahren beschrieben. In der dritten Ebene werden für die Berechnung notwendige Hintergrundinformationen (z. B. Nutzungsdauerangaben von Baustoffen oder Bauteilen für Straßeninfrastrukturen) angegeben.

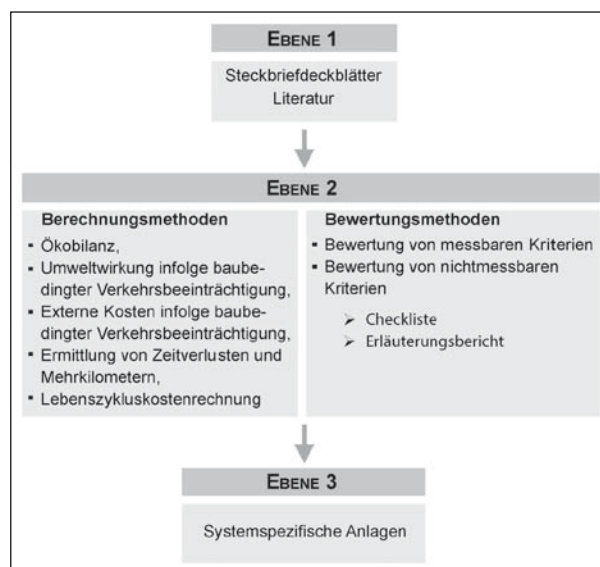


Bild 7: Die drei Ebenen der Kriteriensteckbriefe

## Fazit

Im Ergebnis wurden für die Elemente Straße und Tunnel Planungswerkzeuge erstellt, welche grundsätzlich entsprechend dem BNB-Verfahren konzipiert wurden. Eine geringfügig abweichende Gewichtung war erforderlich, da in der frühen Planungsphase Bauprozesse nicht berücksichtigt werden können. Für die Bewertung von Straßen und Tunnel wurden 28 Einzelkriterien identifiziert, die für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung relevant sind. Die Vorgehensweise für die unterschiedlichen Kriterien wurde in drei Ebenen zusammengefasst. Somit hat sich eine deutliche Reduzierung des Umfangs der Dokumente ergeben und die Handhabung wurde erleichtert. Die erarbeitete Systematik lässt den Schluss zu, dass bei Tunneln und Straßenaufbauten die wesentlichen Punkte in einer Optimierung des Lebenszyklus liegen. Auf Ebene der Bauwerke/Straßenaufbau gewinnt so die „Technische Qualität“ folgerichtig erheblich an Bedeutung. Die Module für Streckenabschnitte und Tunnelbauwerke sind noch in Pilotprojekten zu verifizieren, um eine sichere Kalibrierung des Bewertungsverfahrens zu gewährleisten.

## 5.5 FE 09.0163/2011/LRB „Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur“ [18]

Im Sinne einer durchgängigen Einbindung von Aspekten der Nachhaltigkeit bei der Realisierung von Elementen der Verkehrsinfrastruktur wurde in dem vorliegenden Forschungsprojekt untersucht, wie diese Aspekte in praktikabler Weise als Eignungs- und Zuschlagskriterien in die Prozesse der Ausschreibung und Vergabe implementiert werden können. Sowohl das europäische als auch das nationale Vergaberecht bieten bereits heute unterschiedliche Möglichkeiten, auf eine möglichst nachhaltige Beschaffung hinzuwirken. So können im Rahmen der Bestimmung des Beschaffungsbedarfs bzw. des Auftragsgegenstands Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden (Richtlinie 2004/18/EG Art. 26). Ökonomische, ökologische und auch soziale Nachhaltigkeitsaspekte können in der Leistungsbeschreibung Niederschlag finden und sogar zur Vorgabe bestimmter Bauprodukte bzw. Bauverfahren führen, wenn sie sich auf den konkreten Auftrag beziehen und sachlich be-

gründet werden können (Richtlinie 2004/18/EG Art. 53).

Im Projekt werden grundsätzlich die zwei Bereiche „Ausschreibung der Planungsleistung“ und „Ausschreibung der Bauleistung“ unterschieden.

Bezüglich der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten im Rahmen der Vergabe von Planungs- und Bauleistungen für Projekte der Verkehrsinfrastruktur ist aus vergaberechtlicher Sicht darauf zu achten, dass die Anforderungen

- einen konkreten Bezug zum Auftrag haben,
- sachlich begründet werden können,
- einzelne Unternehmen nicht diskriminieren,
- verhältnismäßig sind,
- den Bieterkreis nicht unnötig einschränken,
- eindeutig formuliert sind,
- vom Auftraggeber überprüfbar sind.

Für die Ausschreibung und Vergabe von Planungsleistungen wird empfohlen, als Einungskriterium Anforderungen an die Qualifikation des Planungsteams/Qualität der Planung zu fordern. Zum Nachweis der Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit dürfen gem. § 5 Abs. 5 VOF die folgenden Nachweise mit Bezug zur Nachhaltigkeit herangezogen werden:

- Studiennachweise der für die Dienstleistung verantwortlichen Personen,
- Bescheinigungen über die berufliche Befähigung des Bieters als Unternehmen,
- Referenzen der letzten 3 Jahre.

Als Zuschlagskriterien für die Vergabe von Planungsleistung können aus den Bewertungssystemen für Infrastrukturbauwerke folgende Kriterien Berücksichtigung finden:

- Mehremissionen infolge baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung durch das Infrastrukturbauwerk,
- Primärenergiebedarf (erneuerbar/nicht erneuerbar),
- Flächeninanspruchnahme,
- Lärmschutz,
- Umnutzungsfähigkeit,

- Betriebsoptimierung,
- Sicherheit gegenüber Störfallrisiken,
- Verkehrssicherheit,
- konstruktive Qualität,
- Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit,
- Verstärkung/Erweiterbarkeit,
- Rückbau/Recycling,
- Nachweis der Nachhaltigkeit in der Ausschreibung der Bauleistungen.

Es ist Aufgabe der Planung, die Bauaufgabe unter Berücksichtigung der vorbezeichneten Kriterien so zu entwickeln und zu beschreiben und ggf. auch weiter zu begleiten, dass das fertig gestellte Bauwerk einen bestimmten, vorab festgelegten Grad an Nachhaltigkeit (Zielerfüllungsgrad) erreicht.

Bezüglich der Vergabe von Bauleistungen bei Projekten der Verkehrsinfrastruktur ist zu berücksichtigen, dass der Auftraggeber grundsätzlich nach § 7 Abs. 9, 7 EG Abs. 9 VOB/A verpflichtet ist, die Baumaßnahme anhand einer sog. detaillierten Leistungsbeschreibung zu beschreiben. Art und Umfang der Leistung werden dadurch im Wesentlichen vom Auftraggeber vorgegeben. Es bestehen dann nur noch in begrenztem Umfang Gestaltungsspielräume des Bieters, die unter Aspekten der Nachhaltigkeit vom Auftraggeber bewertet werden können.

Soweit vom Auftraggeber Nebenangebote zugelassen sind, hat der Bieter zwar die Möglichkeit, auf der Grundlage besonderen Fachwissens abweichende Vorschläge zu einer besonders nachhaltigen Beschaffung zu unterbreiten. Die Anforderungen an eine vergaberechtskonforme und damit rechtssichere Zulassung und Wertung von Nebenangeboten sind allerdings recht komplex. Es muss zum einen festgelegt werden, welchen Mindestanforderungen, etwa im Hinblick auf die Berücksichtigung einzelner Nachhaltigkeitskriterien oder eines bestimmten Gesamtzielerfüllungsgrads entsprechen müssen. Weiter müssen neben dem Preis weitere Zuschlagskriterien mit angemessener Gewichtung bestimmt werden, die es dem Auftraggeber ermöglichen, die qualitativen Unterschiede des Nebenangebots im Vergleich zum Amtsentwurf bei der Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots zu berücksichtigen. Beziehen sich die Abweichungen vom Amtsentwurf auf Nachhaltigkeitsaspekte,

muss aus der bekannt gemachten Wertungsmethode transparent hervorgehen, wie diese Abweichungen bewertet werden. Um eine vergleichende Betrachtung von Nebenangeboten mit dem Amtsentwurf des Auftraggebers unter Nachhaltigkeitskriterien zu ermöglichen, die dem Gebot einer transparenten Vergabe gerecht wird, wäre es erforderlich, gegenüber den Bietern vollständig offenzulegen, wie und nach welchen Kriterien der Amtsentwurf im Hinblick auf Nachhaltigkeit bewertet wurde und wie und nach welchen Kriterien dann auch etwaige Nebenangebote bewertet würden.

Bei der Ausschreibung und Vergaben von Bauleistungen ist zu beachten, dass bei vorliegender Planung nur solche Nachhaltigkeitskriterien als Zuschlagskriterien in der Angebotswertung Berücksichtigung finden dürfen, die durch den Bieter bzw. Auftragnehmer konkret beeinflussbar sind.

Für die Ausschreibung der Bauleistung wird die Prozessqualität als beeinflussbarer Kriterienbereich identifiziert. Die ökologischen, ökonomischen, sozialen und technisch-funktionalen Aspekte können durch den Auftragnehmer der Bauleistung nicht beeinflusst werden, sodass sie in der Ausschreibung der Bauleistung unberücksichtigt bleiben. Diese unberücksichtigten Aspekte müssen vorab in der Planung berücksichtigt werden. Abweichend von der BNB-Systematik wird aus den o. g. Gründen ein Zuschlagsbewertungsschema vorgeschlagen, welches den Preis zu 80 % und das Nachhaltigkeitskonzept zu 20 % berücksichtigt. In diesem vorgeschlagenen Nachhaltigkeitskonzept werden die Belange der Prozessqualität berücksichtigt. Zu den Kriterien zählen:

- Bauzeit,
- Einsatz energie- bzw. abgasreduzierter Baumaschinen,
- projektspezifische Qualitätssicherung.

Zudem wird empfohlen in dem Nachhaltigkeitskonzept auch die Qualifikation des Planungsteams bzw. des Auftragnehmers der Bauleistung zu bewerten.

Das Zuschlagskriterium „projektspezifische Qualitätssicherung“ kann in weitere Wertungsbereiche unterteilt werden:

- Einführung eines Kommunikationsmanagements,



- Einführung eines auftragsbezogenen Umweltmanagementkonzeptes,
- Beschäftigung einer Fachkraft zur qualifizierten Umweltbaubegleitung (soweit nicht zwingend gefordert),
- Maßnahmen zum Grundwasser- und Gewässerschutz,
- Implementierung eines Gefahrstoff- und Notfallmanagements,
- Maßnahmen zur Reduzierung von Baulärm und Staubentwicklung,
- Integration umweltrelevanter Maßnahmen in den Bauzeitenplan,
- Maßnahmen zum Schutz von Landschaft, Kulturgütern und/oder sonstigen Sachgütern (soweit projektspezifisch erforderlich),
- Einführung und Umsetzung eines Abfallkonzeptes,
- Entwicklung und Umsetzung von Abfallvermeidungsstrategien,
- Verwertung von Abfällen unter Berücksichtigung des Schutzes von Mensch und Beseitigung von Abfällen,
- Durchführung von internen und externen Audits zur Überprüfung der Wirksamkeit der Qualitätskontrolle,
- Einführung und Anwendung eines internetbasierten Berichts- und Informationswesens.

Um auch diese umfangreichen Nachhaltigkeitskriterien während der Durchführung von Planungs- und Bauleistungen kontrollieren und steuern zu können, bedarf es eines Instrumentariums. Die Forschungsnehmer des vorliegenden Berichtes schlagen hierzu die Entwicklung eines „Nachhaltigkeitsnachweises NN“ vor.

Die Bedingungen für den Nachhaltigkeitsnachweis NN könnten zunächst mit Vertragsabschluss als „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Nachhaltigkeit“ (ZTV-N) in Form einer formalisierten Sonderunterlage bereits in die Ausschreibungsunterlagen für die Planungsleistungen implementiert werden. Die ZTV-N würden somit Grundlage der Beauftragung. Mithilfe des Nachhaltigkeitsnachweises NN würde dem Nachhaltigkeitskoordinator bzw. dem beauftragten Fachplaner ein Werk-

zeug an die Hand gegeben werden, um nachzuweisen, die Anforderungen an eine nachhaltige Planung aus der Ausschreibung erfüllt zu haben.

### Fazit

In dem Forschungsprojekt wurden die rechtlichen Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Bauleistungen im Bereich der Straßeninfrastrukturen untersucht. Es wurde festgestellt, dass schon heute dazu die Möglichkeiten nach EG-Vergaberichtlinie und VOB gegeben sind, wenn zuvor genannte Randbedingungen eingehalten werden. Es werden sowohl für Planungsleistungen als auch für die Bauleistungen zu berücksichtigende Kriterien aus dem Bereich der Nachhaltigkeit für die Ausschreibung benannt. Die Bedingungen der Nachhaltigkeit sollten bei Vertragsabschluss im Rahmen der ZTV aufgenommen werden. Die vorgeschlagenen Verfahren und Kriterien müssen noch in Pilotstudien verifiziert werden.

### 5.6 FE 09.0179/2011/MRB „Anforderungen an Baustoffe, Bauwerke und Realisierungsprozesse der Straßeninfrastrukturen im Hinblick auf Nachhaltigkeit“

Aus den zuvor abgeschlossenen Forschungsvorhaben und Ergebnissen wurde deutlich, dass zur Optimierung der Bauwerke, entsprechend der entwickelten Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren, Veränderungen an Baustoffen, Bauprozessen sowie von Bau- und Konstruktionsweisen vorgenommen werden sollten.

In diesem Forschungsprojekt wird aufgezeigt, mit welchen Einzelmaßnahmen die Nachhaltigkeitsqualität eines Straßeninfrastrukturbaues gesteigert werden kann. Grundlage für die Analyse bilden einheitliche Bewertungskriterien der Nachhaltigkeit für Elemente der Straßeninfrastruktur, die im Rahmen der BAST-Forschungsprojekte FE 15.494/2010/FRB [16] und FE 09.0164/2011/LRB [12] entwickelt wurden. Im Rahmen der Bearbeitung dieses Forschungsprojektes wurden die Infrastrukturelemente Brücke, Strecke und Tunnel unterschieden. Für jedes Infrastrukturelement wurde im ersten Schritt eine Sensitivitätsanalyse für die einzelnen Nachhaltigkeitskriterien durchgeführt. Das Ziel der

Ergebnisse Potenzialanalyse:		Typ 3			Typ 4		
		Konstr.	Baustoff	Bau- prozess	Konstr.	Baustoff	Bau- prozess
<b>1.</b>	<b>ökologische Qualität</b>	<b>3,38%</b>	<b>5,10%</b>	<b>0,19%</b>	<b>17,50%</b>	<b>16,25%</b>	<b>0,51%</b>
1.1	Treibhauspotenzial (GWP)	0,26%	0,79%	0,00%	3,75%	3,75%	0,00%
1.2	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	0,00%	0,00%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	0,49%	0,75%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.4	Versauerungspotenzial (AP)	0,40%	0,64%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.5	Überdüngungspotenzial (EP)	0,18%	0,36%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.6	Risiken für die lokale Umwelt						
1.6a	Teil A: Fauna und Flora	0,00%	0,00%	0,16%	0,23%	0,00%	0,16%
1.6b	Teil B: Boden, Wasser und Luft	0,00%	0,00%	0,04%	0,08%	0,00%	0,04%
1.7	Sonstige Wirkungen auf die lokale Umwelt	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1.8a	Mehremissionen baubedingt (MBV)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1.8b	Mehremissionen infolge Linienführung (neu)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1.9	Nicht erneuerb. Primärenergiebedarf (PEne)	1,01%	1,50%	0,00%	3,75%	3,75%	0,00%
1.10	Gesamprimärenergiebedarf u. Anteil (PEe)	0,35%	0,11%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.11	Wasserbedarf	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1.12	Flächeninanspruchnahme	0,00%	0,00%	0,00%	0,94%	0,00%	0,31%
1.13	Abfall	0,30%	0,26%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
1.14	Ressourcenschonung (neu)	0,39%	0,69%	0,00%	1,25%	1,25%	0,00%
<b>2.</b>	<b>ökonomische Qualität</b>	<b>2,03%</b>	<b>5,67%</b>	<b>0,00%</b>	<b>13,50%</b>	<b>13,50%</b>	<b>13,50%</b>
2.1	Direkte Lebenszykluskosten	2,03%	5,67%		13,50%	13,50%	13,50%
2.2	Externe Kosten baubedingt	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2.3	Externe Kosten streckenbedingt (neu)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tab. 3: Ergebnis der Potenzialuntersuchung für verschiedene Brückentypen

Sensitivitätsanalyse ist es herauszustellen, welche der Kriterien des Bewertungssystems auf welchen der Untersuchungsschwerpunkte Baustoffe, Bauprozesse oder Konstruktionsweise Einfluss aufweist. Die Quantifizierung des Einflusses und damit verbundene Feststellung von Optimierungspotenzialen erfolgt in einem zweiten Schritt, der Potenzialanalyse. Diese wird für die Elemente Brücke, Straße und Tunnel getrennt ausgewertet.

Das Potenzial einer Untersuchungsrichtung (z. B. Baustoffe) lässt sich als Einfluss auf die Endnote der Nachhaltigkeitsbewertung beschreiben, der sich durch eine überlegte Variantenwahl (z. B. Wahl des Baustoffs) erzielen lässt. Die Endnote ist dabei als der Gesamterfüllungsgrad definiert der zwischen 0 und 100 % liegen kann. Quantifizieren lässt sich das Potenzial einer Untersuchungsrichtung bezogen auf ein bestimmtes Einzelkriterium dann als der Anteil an der Endnote, um den sie sich durch die Veränderung von Parametern innerhalb der Untersuchungsrichtung (z. B. Veränderung der Baustoffwahl) verbessern lässt.

In dem Projekt wurden verschiedene Brückenvarianten mit unterschiedlicher Konstruktionsweise, Baustoffart und Bauprozess untersucht. Im Ergebnis konnten Kriterien mit besonderer Relevanz er-

mittelt werden. Tabelle 3 zeigt den Ausschnitt einer Potenzialanalyse für Brückentyp 3 einer Autobahnüberführung und Typ 4 einer Flussbrücke für die ökologische und die ökonomische Qualität.

Straßen- und Tunnelbau erfordern eine abweichende Aufteilung der Untersuchungsrichtungen, da Variationen, die in Folge der potenziellen Untersuchungsrichtungen entstehen, zu viele Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Aus diesem Grunde wurden für Straßen- und Tunnelbau modulare Analysen der einzelnen Untersuchungsrichtungen (Konstruktion, Ausstattung, Baustoff und Bauprozess) vorgenommen. Die Potenziale für die betrachteten Untersuchungsrichtungen wurden durch den Forschungsnehmer benannt und beschrieben. Für Tunnelbauwerke konnten ebenfalls Potenziale als Anteil an der Gesamtnote für einzelne Kriterien festgelegt werden (siehe Tabelle 4).

Die gewonnenen Erkenntnisse der Untersuchung werden in Empfehlungen für einen Leitfadens Nachhaltige Straßeninfrastrukturen formuliert.

### Fazit

Die Potenzialanalysen können eine Basis für Produktentwicklungen bilden, die eine Verbesserung

Kriterium			angepasstes erweitertes System		Änderungspotenzial	
Nr.	Unter- punkt	Bezeichnung	Bedeutungs- faktor	Gewichtung Hauptkriterium	Anteilig	von Haupt- kriterium Maximal
1.		Ökologische Qualität	18	22,500 %		5,000 %
1.8a		Umweltwirkungen/Mehremissionen infolge bau- bedingter Verkehrsbeeinträchtigung (MBV)	3	3,750 %	100 %	3,750 %
1.14		Ressourcenschonung (neu)	1	1,250 %	100 %	1,250 %
2.		Ökonomische Qualität	5	22,500 %		
2.2		Externe Kosten infolge baubedingter Verkehrs- beeinträchtigung	2		100 %	9,000 %
3.		Soziale/funktionale Qualität	7	22,500 %		4,532 %
3.1		Schutzgüter: Mensch, Landschaft, Kulturgut				
3.1a		Mensch, einschließlich Gesundheit, insbesondere Lärm	1	3,214 %		
	3.	Weitere Beeinträchtigung von Menschen			32 %	1,029 %
3.1b		Landschaft	1	3,214 %	100 %	3,214 %
3.2		Komfort	1	3,214 %		
	b)	Fahrbahnbeschaffenheit: Helligkeit			9 %	0,289 %
4.		Technische Qualität	9	22,500 %		3,925 %
4.2		Konstruktive Qualität, Dauerhaftigkeit, Robustheit	3	7,500 %		
	k)	5 Robustheit			15 %	1,125 %
4.3		Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	2	5,000 %		
	a)	1.1 Bauart der Brücke			13 %	0,650 %
	b)	2.1.2 Anti-Graffiti-Prophylaxe			13 %	0,650 %
	c)	2.1.3 Wartungs- und Pflegeaufwand für Lärmschutzwände (LSW)			6 %	0,300 %
	d)	2.1.4 Dauerhafte Abriebfestigkeit und UV-Beständigkeit der Lärmschutzwand			6 %	0,300 %
	e)	2.1.5 Bauwerksbeleuchtung			8 %	0,400 %
	f)	2.1.6 Leuchtmittel der Fahrbahn- bzw. der Brückenbeleuchtung			10 %	0,500 %
5.		Prozessqualität	10	10,000 %		0,000 %

Tab. 4: Potenziale relevanter Kriterien für Tunnel

der Bauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit ermöglichen.

Die ermittelten Optimierungspotenziale wurden beschrieben und zu Maßnahmensteckbriefen zusammengefasst. Diese Maßnahmensteckbriefe sollen dem späteren Anwender eines Leitfadens „Nachhaltige Straßeninfrastruktur“ die Möglichkeit geben, mit geringem Aufwand die nachhaltigste Lösung für seine Bauaufgabe zu ermitteln. Die Maßnahmensteckbriefe wurden in das Gliederungskonzept des Leitfadens „Nachhaltige Straßeninfrastruktur“ übertragen und bilden damit die Grundlage für die weitere Ausgestaltung des Leitfadens.

## 5.7 FE 15.589/2012/RRB „Pre-Check der Nachhaltigkeits- bewertung für Brückenbauwerke“

Das Forschungsprojekt ist zweiteilig aufgebaut. Im ersten Teil wurde zunächst das Bewertungssystem für Brückenbauwerke (FE 15.494/2010/ FRB [16]) einer Überarbeitung und Anpassung an den aktuellen Erkenntnisstand unterzogen. Der erforderliche Anpassungsbedarf wurde dabei hauptsächlich aus der bereits durchgeführten Pilotstudie (FE 15.0522/2011/FRB [17]) ermittelt. Dazu mussten z. T. neue Grenz-, Referenz- und Zielwerte festgelegt werden sowie ein neuer Bezugswert für

Hauptkriterien- gruppe	Pre-Check			fertiggestelltes Bauwerk		
	Nr.	Kriterium	Bedeutungs- faktor	Nr.	Kriterium	Bedeutungs- faktor
Ökologische Qualität	1.1	Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	3	1.1	Globales Erwärmungspotenzial (GWP)	3
	1.2	Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	1	1.2	Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	1
	1.3	Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	1	1.3	Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)	1
	1.4	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	1	1.4	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	1
	1.5	Eutrophierungspotenzial (EP)	1	1.5	Eutrophierungspotenzial (EP)	1
	1.6	Risiken für die lokale Umwelt/lokale Umweltverträglichkeit (Teil A – Flora und Fauna)	1	1.6	Risiken für die lokale Umwelt/lokale Umweltverträglichkeit (Teil A – Flora und Fauna)	1
	1.7	Risiken für die lokale Umwelt/lokale Umweltverträglichkeit (Teil B – Boden, Wasser, Luft)	1	1.7	Risiken für die lokale Umwelt/lokale Umweltverträglichkeit (Teil B – Boden, Wasser, Luft)	1
	1.8	Umweltwirkungen infolge von baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung	3	1.8	Umweltwirkungen infolge von baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung	3
	1.9	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke		1.9	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke	
	1.10	Primärenergiebedarf	4	1.10	Primärenergiebedarf	4
	1.11	Abwasseraufkommen	1	1.11	Abwasseraufkommen	1
	1.12	Flächeninanspruchnahme	1	1.12	Flächeninanspruchnahme	1
	1.13	Abfall	1	1.13	Abfall und Kreislaufwirtschaft	1
	1.14	Ressourcenschonen	1	1.14	Ressourcenschonen	1
Ökonomische Qualität	2.1	Direkte bauwerksbezogene Kosten im Lebenszyklus	3	2.1	Direkte bauwerksbezogene Kosten im Lebenszyklus	3
	2.2	Externe Kosten infolge von baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung	2	2.2	Externe Kosten infolge von baubedingter Verkehrsbeeinträchtigung	2
	2.3	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke		2.3	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke	
Soziokulturelle und funktionale Qualität	3.1	Schutzgut Mensch, einschließlich menschliche Gesundheit	1	3.1	Schutzgut Mensch, einschließlich menschliche Gesundheit	1
	3.2	Schutzgut Landschaft	1	3.2	Schutzgut Landschaft	1
	3.3	Schutzgut Kulturgüter und sonstige Sachgüter	1	3.3	Schutzgut Kulturgüter und sonstige Sachgüter	1
	3.4	Komfort	1	3.4	Komfort	1
	3.5	Sicherheit gegenüber Störfallrisiken (Security)	1	3.5	Sicherheit gegenüber Störfallrisiken (Security)	1
	3.6	Verkehrssicherheit (Safety)	1	3.6	Verkehrssicherheit (Safety)	1
	3.7	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke		3.7	→ keine Anwendung für Brückenbauwerke	
Technische Qualität	4.1	Elektrische und mechanische Einrichtungen	1	4.1	Elektrische und mechanische Einrichtungen	1
	4.2	Konstruktive Qualität	3	4.2	Konstruktive Qualität	3
	4.3	Instandhaltung und Betriebsoptimierung	2	4.3	Instandhaltung und Betriebsoptimierung	2
	4.4	Verkehrsentwicklung und -planung/ Verstärkung und Erweiterbarkeit	1	4.4	Verkehrsentwicklung und -planung/ Verstärkung und Erweiterbarkeit	1
	4.5	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	1	4.5	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	1
	4.6	→ keine Anwendung im Pre-Check		4.6	→ keine Anwendung für fertiggestellte Bauwerke	
Prozessqualität	5.1	Qualifikation des Planungsteams und Qualität der Planung	3	5.1	→ keine Anwendung für fertiggestellte Bauwerke	
	5.2	Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in der Ausschreibung	1	5.2	→ zurückgestellt	
	5.3	→ keine Anwendung im Pre-Check		5.3	Baustelle/Bauprozess	2
	5.4	→ keine Anwendung im Pre-Check		5.4	→ keine Anwendung für fertiggestellte Bauwerke	
	5.5	→ keine Anwendung im Pre-Check		5.5	Qualitätssicherung der Bauausführung	2

Tab. 5: Vergleich der Kriterien für Modul 3 (Brücke) und Kontrollmodul (Brücke)

Brückenbauwerke. Das System wurde an die neue Strukturierung der drei Ebenen angepasst, sodass der Umfang der Kriteriensteckbriefe deutlich verringert werden konnte. Als neuer Bezugswert für Brückenbauwerke wird die Brückenfläche vorgeschlagen, die sich aus der Länge der Brücke (Gesamtstützweite, gemessen zwischen den Systemachsen der Widerlager) und der Breite der befestigten Fläche des Regelquerschnittes der im betreffenden Abschnitt des Streckenzuges der Planung zugrunde liegt. Dieser Unterschied lässt nun keine Variation der Breite der Brücke zu und sollte wiederum zu eindeutigen Ergebnissen führen.

Im zweiten Teil wurde das Modul 3 – Brücke gemäß Bild 5 erarbeitet. Das Modul ist für die frühe Planungsphase konzipiert. Mit dem Verfahren können verschiedene Planungsvarianten von Brückenbauwerken verglichen werden. Das Modul kann angewendet werden, wenn die Entscheidung aus der Linienführung festgelegt wurde und Anfang und Ende der Brücke in geometrischer Hinsicht festgelegt sind.

In dem Projekt wurden die relevanten Kriterien, Berechnungs- und Bewertungsmethoden sowie systemspezifische Anlagen für Brückenbauwerke ausgearbeitet. Zudem wurden für die relevanten Bewertungskriterien Bezugswerte sowohl für die ökonomischen, ökologischen, sozialen, funktionalen als auch technische Aspekte erarbeitet, soweit diese nicht aus den Ergebnissen des Projekts FE 15.0494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit“ [16] abgeleitet werden konnten.

Bei vielen Kriterien kann ein direkter Vergleich der Pre-Check-Bewertung mit der Bewertung am fertiggestellten Bauwerk durchgeführt werden (Tabelle 5). In der Folge kann festgestellt werden, wie genau die Planung der Brücke bei der Ausführung umgesetzt wurde.

### Fazit

Das überarbeitete System (Stand 2015) zeichnet sich dadurch aus, dass nun vor allem die systembedingten Variationsmöglichkeiten zur Erreichung ungerechtfertigter Bewertungsergebnisse eliminiert wurden. Die im alten Bewertungssystem [16] zurückgestellten Kriterien wurden ausgearbeitet und in das Bewertungssystem integriert.

Das Projekt liefert mit dem Pre-Check-System einen weiteren Baustein zur Komplettierung des Bewertungssystems für Brücken. Mit dem vorliegenden Verfahren kann sowohl eine Pre-Check-Bewertung in der Leistungsphase 2 HOAI durchgeführt werden, als auch am fertiggestellten Bauwerk am Ende der Leistungsphase 8 HOAI. Somit ist es möglich, dass das Nachhaltigkeitsbewertungssystem auch als Handlungsleitfaden im Rahmen der gesamten Planung und Ausführung des Bauwerks herangezogen werden kann.

Die vorgeschlagenen Verfahren und Kriterien müssen noch in Pilotstudien verifiziert werden.

## 5.8 FE 15.590/2012/RRB „Nachhaltigkeitsbewertung für Erhaltungs- und Ertüchtigungskonzepte von Straßenbrücken“

Im Rahmen des Projektes wird speziell für die Strategien der Erhaltungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen von Straßenbrücken ein entsprechendes Planungswerkzeug entwickelt, welches an relevanten Beispielen aus der Praxis überprüft wird. Das zu entwickelnde Planungswerkzeug wird kompatibel zu den bereits bestehenden Verfahren zur Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur erstellt.

Grundlage sind die Ergebnisse des Projektes FE 15.0494/2010/FRB „Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit“ [16], welche die Nachhaltigkeitsbewertung von Brückenbauwerken der Straßeninfrastruktur ermöglicht.

Mit dem Verfahren können planerische, bauliche, betriebliche und organisatorische Maßnahmen zur Erhaltung und Ertüchtigung in der Planungsphase berücksichtigt werden. Hierzu ist es erforderlich, relevante Kriterien, Berechnungs- und Bewertungsmethodik sowie systemspezifische Anlagen für Erhaltungs- und Ertüchtigungskonzepte für Brückenbauwerken auszuarbeiten. Zudem werden für die relevanten Bewertungskriterien Bezugswerte sowohl für die ökonomischen, ökologischen, sozialen, funktionalen als auch technische Aspekte von Brückenbauwerken erarbeitet.

Die Methodik bietet ein ergänzendes Verfahren für die Entscheidungsfindung zwischen Instandsetzungs- bzw. Verstärkungsmaßnahme an Brücken

oder Ersatzbaumaßnahmen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien.

## 6 Übergeordnete Aspekte

Die derzeitige Konzeption stellt einen Forschungsansatz dar. Die Ergebnisse der Forschungsprojekte sowie die Diskussionen in der AG haben gezeigt, dass die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit für Straßeninfrastrukturen nach dem Vorbild des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen grundsätzlich möglich ist. Die angesetzten Bezugswerte (Referenz-, Ziel- und Grenzwerte), welche für die Bewertung der Bauwerke z. T. erforderlich sind, beziehen sich soweit vorhanden auf Werte aus bestehenden Regelwerken. Die Anwendung des entwickelten Systems einschließlich aller aufgezeigten Module muss in Pilotstudien verifiziert werden. In einer bereits durchgeführten Pilotstudie hat sich gezeigt, dass eine Anpassung der Bezugswerte erforderlich war. Zudem sind in der Ökobaudat, die für die Bewertung von Straßeninfrastrukturen notwendigen Datensätze für LCA- und LCC-Verfahren teilweise nicht vorhanden.

Entsprechend dem BNB-System ist das Bewertungsverfahren ohne Anpassungsmöglichkeit in der Gewichtung für Projektverantwortliche der SBV entwickelt worden. Sowohl die Gewichtung der Hauptkriteriengruppen als auch der Unterkriterien liegt im Wesentlichen fest. Im Rahmen der Diskussion der Arbeitsgruppe wurde geäußert, dass zukünftig die Gewichtung der Hauptkriterien oder zumindest der Unterkriterien durch die Projektverantwortlichen festgelegt werden sollte, um eine bessere Anpassbarkeit der Straßeninfrastruktur an Umgebungs- und sonstige Randbedingungen erreichen zu können.

Das Bewertungsverfahren wurde maßgeblich für den Variantenvergleich auf Planungsebene für Objekte entwickelt, daher kann abweichend vom BNB-System auf eine Zertifizierung der Bauwerke (Gold, Silber, Bronze) verzichtet werden. Durch die Zertifizierung der Gebäude im Hochbausektor kann im Falle des Verkaufes eines bestehenden Objektes ein Marktvorteil erzielt werden. Dieser Marktvorteil ergibt sich bei Straßeninfrastrukturen jedoch nicht, da eine Veräußerung nicht vorgesehen ist. Ausnahmen können sich im Zuge von Public-Private-Partnership Projekte ergeben.

Die größte Auswirkung zur Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit besteht in der Planungsphase. Hier sind jedoch keine umfangreichen und gesicherten Informationen zum Bauprozess vorhanden. Daher kann in der Planungsphase der Bauprozess unberücksichtigt bleiben. Aspekte, welche den Bauprozess betreffen, können insbesondere in der Ausschreibungs- und Vergabephase berücksichtigt und bewertet werden. Nur Aspekte, die dem Bauprozess zugeordnet werden liegen auch in der Verantwortung des Auftragnehmers.

Die Konzeption des Bewertungsverfahrens sieht auch ein Modul für die Ausschreibungs- und Vergabephase vor. Die in der Ausschreibungs- und Vergabephase vorgeschlagenen Kriterien sind teilweise noch nicht vergabefest, da z. B. bisher erst wenige Standards für emissionsarme Baumaschinenfahrzeuge vorliegen. Neben den vorgeschlagenen Kriterien sind weitere Instrumentarien zur Kontrolle und Steuerung erforderlich. Es wird vorgeschlagen diese in „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Nachhaltigkeit“ (ZTV-N) zu formulieren. Für die Überprüfung vertraglich vereinbarter Leistungen sind Kontrollmodule gemäß Konzeption (Bild 5) erforderlich. Mit ihnen kann ein Soll-Ist-Vergleich erfolgen, um das Bewertungsverfahren optimal anzupassen.

Das Gesamtprojekt war bis Ende 2014 konzipiert. Die Realisierung der bisherigen Projekte hat jedoch gezeigt, dass eine Einführung eines Nachhaltigkeitsbewertungssystems für Straßeninfrastrukturen nur mittel- bis langfristig erfolgen kann. Die Verwertung der Ergebnisse soll im Rahmen von Tagungen, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Schulungsmaßnahmen für Verwaltungen erfolgen. Die Überführung in die Praxis ist durch Fortschreibung der Regelwerke und Anpassung der Verwaltungsprozesse vorgesehen.

Die Weiterentwicklung des Systems sollte erfolgen wenn der eindeutige Wunsch besteht ein Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren für Straßeninfrastrukturen durch das BMVI einführen zu lassen.

Der Auftrag, zu überprüfen ob das Bewertungsverfahren aus dem Bereich des Hochbaus zunächst speziell auf Straßeninfrastrukturen übertragen werden kann, wird als abgeschlossen angesehen. Eine Übertragung des Verfahrens ist möglich, Randbedingungen müssen angepasst werden.

## 7 Ausblick

Für die Weiterentwicklung des Verfahrens sollten folgende Fragestellungen geklärt werden:

### Systemaufbau

Es ist noch zu klären, ob das Bewertungssystem für Straßeninfrastrukturen weiterhin entsprechend der Gewichtung des BNB-Systems aufgebaut sein soll. Auch die Frage einer möglichen Zertifizierung (Gold, Silber, Bronze) der Bauwerke spielt eine große Rolle. Für den Bereich der Straßeninfrastrukturen kann eine abweichende Gewichtung vorgenommen werden.

Dabei ist zu bedenken, dass durch eine variable Gestaltung der Hauptkriteriengruppen der ursprünglich Gedanke der Nachhaltigkeit, die gleichwertige Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte, ausgehebelt werden kann, indem z. B. den ökonomischen Aspekten eine Gewichtung von 80 % eingeräumt wird. Daher wird vorgeschlagen, die Gewichtung der Hauptkriteriengruppen zu übernehmen und festzuschreiben. Für die Unterkriterien innerhalb einer Hauptkriteriengruppe sollte die Möglichkeit gegeben werden, diese durch Projektverantwortliche eigenständig gewichten zu lassen. Ein Vorschlag für die Gewichtung der Unterkriterien sollte ebenfalls vorgegeben sein.

### Ökobaudat

Der Einsatz eines Nachhaltigkeitsbewertungssystem für Straßeninfrastrukturen erfordert zwingend eine Datenbank wie die Ökobaudat des BNB. Die Datenbank sowie das Informationsportal des Bundes [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) sind in die Zuständigkeit des Bundesministeriums für Umwelt und Bauen (BMUB) gefallen. Eine Erweiterung der Datenbank um relevante Datensätze für den Infrastrukturbereich sowie eine Ergänzung des Informationsportals ist vorzusehen. Eine eigenständige Entwicklung eines Informationsportals sowie einer Datenbank wird als sehr Zeitaufwändig eingeschätzt und ist kurzfristig nicht zu realisieren.

Zudem muss geklärt werden wo eine eigenständige Entwicklung, entsprechend der Ökobaudat-Datenbank installiert, betrieben und gewartet wird. Die BAST ist derzeit auf eine solche Aufgabe nicht ausgerichtet.

### Übererfüllung normativer Regelungen

Für das hier vorgestellte System konnte noch nicht abschließend geklärt werden ob eine Übererfüllung normativer Regelungen im Rahmen des Bewertungssystems grundsätzlich ermöglicht werden soll. Nur durch eine entsprechende Möglichkeit zur Übererfüllung lassen sich Innovationen automatisch einbinden. Ein Bewertungssystem, welches eine Übererfüllung grundsätzlich nicht zulässt kann grundsätzlich durch bestehende Regelwerke mit erweiterten Regelungen zu Aspekten der Nachhaltigkeit ersetzt werden.

Es sind weitere Projekte vorgesehen. Insbesondere die Validierung der bereits entwickelten Module steht noch aus. Eine direkte Einführung des Bewertungssystems durch das Verkehrsministerium für Planungsvorhaben von Straßenbauverwaltungen wird daher nicht empfohlen.

Die weitere Planung umfasst folgende Projekte:

- FE 09.0178/2011/MRB: Nachhaltigkeitsbewertung von Streckenzügen der Straßenverkehrsinfrastruktur,
- 01.184/2014/ARB: Weiterentwicklung und Verifizierung der Kriterien und der Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur von Bundesfernstraßen,
- 01.185/2014/ARB: Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßen und Tunnelbauwerken,
- 15.0597/2014/CRB: Untersuchung zur ganzheitlichen Bewertung von Varianten für Überführungen im Zuge von nachgeordneten Straßen über Autobahnen (Ü-Bauwerke) im Lebenszyklus.

Neben den hier konkret aufgeführten Projekten sind noch weitere Projekte im Rahmen der Gesamtplanung durchzuführen. Für das noch zu entwickelnde Modul 1 „Nachhaltigkeitsbewertung von Streckenzügen der Straßeninfrastruktur“ ist ebenfalls ein Projekt zur Validierung vorzusehen. Zudem muss geklärt werden ob Kontrollmodule gemäß Bild 5 für fertige Elemente der Straßeninfrastruktur zur Qualitätssicherung erstellt werden sollen.

Die Aufgabenstrukturierung der Nachhaltigkeitsbewertung für Straßeninfrastrukturen ist komplex und geht über spezifische Fragestellungen der jeweiligen Elemente wie Brücken, Tunnel oder den Stra-

ßenbau hinaus. Eine übergreifende Koordinierung der einzelspezifischen Forschungsprojekte wird hierzu empfohlen.

## 8 Literatur

- [1] von CARLOWITZ, H.: Sylvicultura Oeconomica oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht Reprint der zweiten Auflage 1732, Leipzig. Verlag Kessel (2009)
- [2] BRUNDTLAND, G. H. et al.: Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, United Nations 1987
- [3] Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland, Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin 2002
- [4] Bundesregierung: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess), Berlin 2012
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Bonn 2011
- [6] HAARDT, P.: Die Bedeutung der Nachhaltigkeit bei Planung und Ausführung von Ingenieurbauwerken aus Sicht eines Bauherren, 14. Münchener Massivbau Seminar, München 2010
- [7] Ökopol – Institut für Ökologie und Politik: Auswirkungen europäischer Bestimmungen für Gesundheits- und Umweltschutz auf Bauprodukte und Bauwerke, Hamburg 2008
- [8] Informationsportal des Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU), [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de)
- [9] Informationsportal des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bauen und Reaktorsicherheit, [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de)
- [10] SALOKANGAS, L.: ETSI Project – Bridge Life Cycle Optimization, Helsinki University of Technology, Espoo 2009
- [11] Ganzheitliche Bilanzierungssoftware – GaBi: Berechnungsprogramm des Fraunhofer Instituts für Bauphysik, der Universität Stuttgart und PE-International, [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)
- [12] FISCHER, O. et al.: Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit – Straße und Tunnel, Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, München 2013
- [13] DIN EN 15643: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität. 2012
- [14] KUHLMANN, U. et al.: Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit, Schlussbericht des IGF-Vorhabens, Stuttgart 2014
- [15] MIELECKE, T. et al.: Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Darmstadt 2013
- [16] MIELECKE, T. et al.: Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke in Hinblick auf Nachhaltigkeit Straßeninfrastruktur. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Darmstadt 2010
- [17] GRAUBNER, C.-A. et al.: Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus Straßeninfrastruktur. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Darmstadt 2012
- [18] FIEDLER, A. et al.: Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur Straßeninfrastruktur. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, unveröffentlicht, Düsseldorf 2014



## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

### Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

#### 2011

- 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 Ruhrtalbrücke 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 Vergleichsabrechnungen  
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, Brennerberger, 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, Brennerberger, 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, Staack

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.

B 127: **Verstärkung von Stahlbrücken mit Kategorie-2-Schäden**

Kuhlmann, Hubmann in Vorbereitung

B 128: **Verstärkung von Stahlbrücken mit Kategorie-3-Schäden**

Ungermann, Brune, Giese in Vorbereitung

B 129: **Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen**

Schmellekamp

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](http://www.schuenemann-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.