

Leitfaden Nachhaltige Straßeninfrastruktur

Stand: Abschlussbericht

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen zum Leitfaden.....	5
Teil A: Grundsätze des Nachhaltigen Bauens	6
A1 Anwendungsbereiche des Leitfadens	6
A2 Nachhaltiges Bauen – Erläuterung und Begriffe	6
A3 Ziele des Nachhaltigen Bauens.....	6
A4 Vorgehensweise bei der Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus.....	6
Teil B: Nachhaltige Bauwerkserstellung.....	9
B1 Linienentwurf	9
B2 Straßenentwurf.....	9
Maßnahmenkatalog Strecke	9
B3 Planung der Ingenieurbauwerke	15
Allgemeines.....	15
Besonderheiten Brücken.....	15
Besonderheiten Tunnel.....	15
Maßnahmenkatalog Brücke.....	15
Maßnahmenkatalog Tunnel.....	40
B4 Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung.....	49
B5 Abnahme des Bauwerkes.....	49
Teil C: Nachhaltigkeit in Betrieb und Erhaltung.....	50
C1 Strecke	50
C2 Knotenpunkt	50
C3 Brücke.....	50
C4 Tunnel.....	50
Teil D: Rückbau	51
D1 Allgemeines.....	51
D2 Strecke	51
D3 Brücken	51
D4 Tunnel.....	51
Anhang	52
Glossar.....	52
Quellenverzeichnis	52
Impressum	53

Vorbemerkungen zum Leitfaden

Inhalte außerhalb des Projektes

Teil A: Grundsätze des Nachhaltigen Bauens

A1 Anwendungsbereiche des Leitfadens

Inhalte außerhalb des Projektes

A2 Nachhaltiges Bauen – Erläuterung und Begriffe

Inhalte außerhalb des Projektes

A3 Ziele des Nachhaltigen Bauens

Inhalte außerhalb des Projektes

A4 Vorgehensweise bei der Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus

Die Bewertung der Nachhaltigkeit sollte im Rahmen der Vorplanung (Leistungsphase 2 HOAI) bereits beginnen. Eine später ansetzende Bewertung mit dem Versuch, Optimierungen zu erreichen, kann zu Verzögerungen im Planungsverlauf führen. In der Konsequenz sind Wiederholungen bereits durchgeführter Planungsschritte mit der Folge von Zeitverlusten und Mehrkosten unausweichlich.

Für die Nachhaltigkeitsbewertung sind zwei Vorgehensweisen möglich. Dabei handelt es sich um:

- a) eine im Rahmen der Vorplanung parallel zum Variantenvergleich für jede untersuchte Variante erstellte vergleichende Bewertung mit dem Ziel, auch das Kriterium Nachhaltigkeit bei der Findung der Vorzugsvariante einzuschließen.
- b) die nach Vorliegen einer Vorzugsvariante erstellte absolute Bewertung.

Anschließend kann bei beiden Wegen in einer weiteren Stufe eine sogenannte Nachhaltigkeitslösung unter Ausschöpfung der Optimierungspotentiale entwickelt und bewertet werden.

Schritt 1: Basislösung bestimmen

Für jedes, einer Nachhaltigkeitsbewertung zu unterziehende Projekt ist im ersten Schritt die Basislösung zu bestimmen. Soll eine vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung bereits im Rahmen der Vorplanung für die möglichen Planungsvarianten parallel zum regulären Variantenvergleich durchgeführt werden (Weg a), stellen alle zu betrachtenden Varianten jeweils eine Basislösung dar.

Bei beschreiten des Weges b) ist die Basislösung die für die gegebenen Planungsparameter unter Beachtung aller Normen und sonstigen technischen Regelwerke (z. B. zusätzliche Technische Vorschriften) nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten geeignetste Planungslösung.

Die geeignetste Planungslösung ist die nach einem durchgeführten Variantenvergleich für die weitere Planung festgelegte Vorzugsvariante.

Schritt 2: Nachhaltigkeit ermitteln

Im zweiten Schritt ist für die Basislösung die Nachhaltigkeitsbewertung entsprechend dem Bewertungsschema für Strecke / Brücke / Tunnel durchzuführen. Dabei sind stets alle Kriterien der Kriterienengruppen

1. ökologische Qualität
2. ökonomische Qualität
3. soziale / funktionale Qualität
4. technische Qualität

zu bewerten.

Während der Planungsphase bis zur Ausschreibung (Leistungsphase 6 HOAI) kann die Kriterienengruppe 5. Prozessqualität zunächst außen vorgelassen oder mit der maximal erreichbaren Bepunktung berücksichtigt werden. Es wird dabei vorausgesetzt bzw. davon ausgegangen, dass alle Planungs- und Ausführungsbeteiligten bestmögliche Ergebnisse erbringen.

Schritt 3: Nachhaltigkeitslösung bestimmen

Entsprechend der im Leitfaden vorgestellten Maßnahmen ist es möglich, die Nachhaltigkeit projektspezifisch zu optimieren. Inwieweit die gemachten Vorschläge beim konkreten Projekt umgesetzt werden können, muss zunächst geprüft und zwischen Bauherrn und Planer besprochen werden. Anschließend ist die Basislösung im Sinne der gewünschten (möglichen) Optimierungsmaßnahmen durchgängig mit allen Konsequenzen planerisch zu modifizieren. Das Ergebnis ist die sogenannte Nachhaltigkeitslösung. Diese muss im Endergebnis die gleiche Beurteilungstiefe erreichen wie die Basislösung.

Sind verschiedene Optimierungsstrategien beim konkreten Projekt möglich, kann es sinnvoll sein, jede Strategie soweit planerisch umzusetzen, dass nachfolgend eine eigenständige Bewertung der einzelnen Lösungen möglich ist.

Schritt 4: Nachhaltigkeit ermitteln

Nach Vorliegen der Nachhaltigkeitslösung ist diese, wie im Schritt 2 dargestellt, hinsichtlich ihrer spezifischen Nachhaltigkeit ebenfalls über alle Kriterien zu bewerten.

Schritt 5: Entscheidung

Nach Vorliegen der Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung für die Basis- und die Nachhaltigkeitslösung(en) ist abschließend eine Gegenüberstellung bzw. ein Vergleich beider Möglichkeiten vorzunehmen. Anschließend ist eine bauherrenseitige Entscheidung herbeizuführen, welche der bestehenden Möglichkeiten umgesetzt werden soll. Bei einem eng beieinander liegenden Bewertungsergebnis sind Priorisierungen (z.B. Schwerpunkt Kosten) unabdingbar, um eine abschließende Festlegung zu treffen.

Die so festgelegte Lösung wird planerisch weiter ausgearbeitet und zur Vergabe gebracht. Anschließend ist die Kriteriengruppe 5. Prozessqualität einzubeziehen und die abschließende Bewertung bis zum Abschluss des Projektes fortzuschreiben.

Teil B: Nachhaltige Bauwerkserstellung

B1 Linienentwurf

Inhalte außerhalb des Projektes

B2 Straßenentwurf

Maßnahmenkatalog Strecke

Im Folgenden sind mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeitsqualität im Bereich der freien Strecke dargestellt. Die technische Anwendbarkeit und der erreichbare Grad der Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität sind für jede Maßnahme im Einzelfall anhand der projektspezifischen Randbedingungen zu prüfen. Der dargestellte Maßnahmenkatalog sollte stetig erweitert und nach aktuellem Stand der Technik angepasst und ergänzt werden.

Maßnahme	Prüfung der Konstruktionsweise der Schutzeinrichtung und der dazugehörigen Materialien und Einbauweisen Konkrete Prüfung der Konstruktionsart (Schutzplanken oder Schutzwände) in Abhängigkeit der projektspezifischen Anforderungen
Vorteil	Die Art der Konstruktion generiert weitere Potenziale zur Nachhaltigkeit, da davon die Wahl der Materialien und Einbauweisen abhängen. Reduzierung der Emissionswerte auf Grund der baustoffspezifischen Eigenschaften (vgl. Stahlblech bei Schutzplanken und Stahlbeton bei Schutzwänden) sowie Erhöhung der Dauerhaftigkeit (materialspezifische Nutzungsdauer) bei gleichzeitiger Verringerung der Folgekosten (Reparatur, Instandhaltung). Entsprechende Einbauweisen (Gerätewahl und Einbauverfahren) führen ebenfalls zu geringeren Emissionswerten und können vorteilhaft für die Ökobilanz sein. In der Gesamtbilanz weisen Betonschutzwände wesentliche Vorteile hinsichtlich der Nachhaltigkeit gegenüber Stahlschutzplanken auf.
Nachteil	Der auf das Volumen bezogene höhere Materialbedarf bei Betonschutzwänden verringert den nachhaltigen Nutzen. Dennoch weisen Betonschutzwände gegenüber der Schutzplanke geringere Emissionswerte auf.
Querverweis	In der Regel wird die Bauweise durch die erforderliche Aufhaltstufe, der Wirkungsbereichsklasse und der Anprallheftigkeitsstufe bestimmt.
Umsetzungsempfehlung	Die Umsetzung sollte sich neben den erforderlichen Verkehrssicherheitsaspekten grundsätzlich an der Wartungsfreundlichkeit und Zugänglichkeit wie auch am Rückbaukonzept orientieren. Es sind emissionsarme, dauerhafte Materialien und ressourcenschonende Einbauweisen in Relation zum erzielbaren verkehrssicherheitstechnischen Standard zu setzen. Ein Abwägungsprozess ist notwendig.

Maßnahme	Optimierung der Auswahl von Leitpfosten Beschränkung der Auswahl auf Bauweisen mit geringem Wartungsaufwand
Vorteil	„Steh-auf“-Leitpfosten weisen auf Grund ihrer spezifischen Eigenschaften i.d.R. einen geringeren Beschädigungsgrad nach Unfällen auf. Somit ergeben sich Einsparungen durch einen geringeren Wartungsaufwand und geringere Ersatzkosten. Geringere Emissionswerte können zudem durch angepasste Materialien und Einbauweisen erreicht werden.
Nachteil	Die monetären Ausgaben sind im Vergleich zu den anderen Varianten (Selbsttragende- und Abscherleitpfosten) höher und könnten in Bezug auf die Gesamtinvestitionssumme planerisch entfallen.
Querverweis	In der weiteren Betrachtung weisen die drei Leitpfostenarten (Selbsttragende Leitpfosten, Abscherleitpfosten, „Steh-auf“-Leitpfosten) keine relevanten Unterschiede auf. Die Wahl emissionsarmer Materialien und Einbauweisen kann für alle drei Varianten gleichermaßen gefordert werden.
Umsetzungsempfehlung	Mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse müssen die Anfangskosten für „Steh-auf“-Leitpfosten den prognostizierten Wartungs- und Ersatzkosten gegenüber gestellt werden.

Maßnahme	Optimierung der Auswahl von Tierschutzsystemen Beschränkung der Auswahl auf Bauweisen mit geringem Flächenbedarf, geringerem Material- und Geräteeinsatz und Materialien mit geringen Emissionswerten
Vorteil	Die Variante Wildschutzzaun stellte eine Maßnahme mit geringem Flächenbedarf dar. Sie generiert Potenziale der Nachhaltigkeit im Bereich der Sicherheit der Verkehrsanlage, der Kosteneinsparung, der Wartung und des Einbauverfahrens. Es ist ein geringerer Geräteeinsatz erforderlich sowie eine Zeitersparnis aufgrund des geringeren Herstellungsumfanges zu erzielen. Die Dauerhaftigkeit von Tierschutzbauwerken (Grünbrücke, Unterführung) ist im Vergleich mit Tierschutzzäunen auf Grund der unterschiedlichen Baumaterialien und des stabileren, widerstandsfähigeren Gesamtsystems höher.
Nachteil	Auf Grund der längeren Bauzeit, dem größeren maschinellen Aufwand während der Bauphase und dem höheren Platzbedarf nach der Fertigstellung sind Tierschutzbauwerke schlechter zu bewerten.
Querverweis	In der Regel wird die Bauweise durch die Standortbedingungen (Flächenverfügbarkeit und Topografie) und den Anforderungen aus der Umweltverträglichkeitsprüfung bestimmt.
Umsetzungsempfehlung	Neben den bereits genannten Vorteilen des Tierschutzzaunes, kann die Nachhaltigkeit durch eine zusätzliche Wildwarnanlage und gezielt eingerichtete Wildwechselstellen zugunsten der ökologischen Qualität erhöht werden.

Maßnahme	Optimierung der Auswahl von Lärmschutzbauweise/ -material Beschränkung der Auswahl auf Bauweisen mit geringem Flächenbedarf und Material mit geringen Emissionswerten
Vorteil	Eine Lärmschutzwand stellt eine platzsparende Variante dar, die sich in der Unterhaltung i.d.R. weniger aufwendig darstellt als eine Wallkonstruktion (Reinigung seltener als Grünpflege). Weiter sind geringere Emissionswerte durch die Nutzung vorhandener Materialien und daraus resultierende Transporteinsparungen für eine Wallkonstruktion zu erwarten.
Nachteil	Emissionsarme Materialien (z.B. Erdaushub, Holz) haben meist eine geringere Lärmreduzierungen zur Folge; daher sind ggf. ausgleichende Maßnahmen (Erhöhung) erforderlich, welche sich in anderen Kriterien negativ auswirken können (bspw. Kosten oder Beeinträchtigung von Menschen während der Nutzung).
Querverweis	In der Regel wird die Bauweise durch die gegebenen Randbedingungen (Flächenverfügbarkeit und Topografie) und die Anforderungen aus der Lärmuntersuchung bestimmt.
Umsetzungsempfehlung	Die Planung sollte neben den bislang einzig maßgebenden Kriterien des Lärmschutzgutachtens auch die Bereiche der Einfügung in das Landschaftsbild und die Zukunftsorientierung auf Grundlage der Verkehrsprognose berücksichtigen. Es sind emissionsarme Materialien in Relation zum erzielbaren Nutzen zu setzen. Hier ist eine Kombination aus Bauweise und Material umsetzbar.

Maßnahme	Optimierung der Lage von Lärmschutzmaßnahmen
Vorteil	Wird der Lärmschutz nicht direkt an der Lärmquelle errichtet, sondern vom Rand abgesetzt, können zukünftige Planungen berücksichtigt werden. Dies ermöglicht die Erweiterbarkeit der Verkehrsanlage ohne Abbruch und Neubau der Lärmschutzeinrichtungen. Die abgesetzte Lage ermöglicht darüber hinaus eine Wartung ohne Verkehrsbeeinträchtigung, da keine Fahrstreifen gesperrt werden müssen. Auf lange Sicht ist mit einer Kostenersparnis zu rechnen.
Nachteil	Die Maßnahme ist nicht immer in vollem Umfang anwendbar, da örtliche Gegebenheiten (z.B. Bebauung) Restriktionen bilden können. Die abgerückte Position muss bei der Dimensionierung der Lärmschutzmaßnahme berücksichtigt werden und hat eventuell ein aufwendiges Bauwerk mit höheren Anfangskosten zur Folge.
Querverweis	Bei der Planung sind die Prognosehorizonte für Verkehr und Bebauung kritisch zu prüfen.
Umsetzungsempfehlung	Unter Berücksichtigung der Verkehrsprognosen und Stadtentwicklung ist eine zukunftsorientierte Lage des Lärmschutzes zu verfolgen. Eine abgesetzte und dadurch ggf. aufwändigere Lärmschutzeinrichtung wird sich bei einer erforderlichen Fahrstreifenerweiterung aufgrund einer Verkehrszunahme positiv auf die Gesamtbilanz auswirken. In diesem Fall erübrigen sich die Neuplanung und der Bau einer neuen Lärmschutzeinrichtung sowie der Abbruch der alten Lärmschutzeinrichtung.

Maßnahme	Optimierung der Materialien und Einbauverfahren innerhalb der einzelnen Entwässerungssysteme Wahl geeigneter, emissionsarmer und dauerhafter Baustoffe und Einbauverfahren
Vorteil	Innerhalb der verschiedenen Entwässerungsmöglichkeiten (offenes oder geschlossenes System) können geeignete Materialien und die dazugehörigen Einbauverfahren im Hinblick auf die Nachhaltigkeit gewählt werden.
Nachteil	Die Entscheidung, welche der beiden Möglichkeiten Anwendung findet, ist oftmals mit Projektbeginn durch die Standortbedingungen gefallen (bspw. ist keine freie Entwässerung möglich bei fehlenden Neigungsverhältnissen).
Querverweis	In der Regel wird die Bauweise durch die Standortbedingungen (Flächenverfügbarkeit) und die Anforderungen aus der wasserrechtlichen Befreiung der jeweiligen Landschafts- bzw. Wasserschutzbehörde bestimmt.
Umsetzungsempfehlung	Da die Wahl der Baustoffe sowie ressourcenschonende Einbauverfahren das maßgebliche Nachhaltigkeitspotenzial bestimmen, sollten diese sorgfältig ausgewählt werden. Die Umweltparameter (Eingriff in Flora, Fauna, Wasserschutzzonen, besonders schützenswerte Böden etc.) sind dabei zu berücksichtigen. Die Dauerhaftigkeit und der Wartungsaufwand (Intervall, Geräteeinsatz) sind zudem wichtige Entscheidungskriterien.

Maßnahme	Auswahl des Leuchtmittels (LED, Energiesparlampen, Glühbirnen) für Beleuchtung und LSA
Vorteil	Der Einbau von LED-Technik bewirkt eine erhebliche Kosteneinsparung durch eine wesentlich längere Nutzungsdauer, höhere Dauerhaftigkeit und somit längere Wartungsintervalle. Die niedrigeren Stromkosten verringern die Betriebs- und Erhaltungskosten maßgeblich. Die Wahl der LED-Technik hat auch zur Folge, dass sich beispielsweise die Anzahl der Beleuchtungseinheiten reduziert, was wiederum die Wartungsintensität verringert. Positiv auf die Umwelt wirkt sich zudem eine geringere Wärmeentwicklung (→ Mikroklima) und die Farbe der Leuchtmittel von Straßenleuchten (→ Fauna) aus.
Nachteil	Höhere Anfangsinvestition im Vergleich zu anderen Leuchtmitteln.
Querverweis	
Umsetzungsempfehlung	Die LED-Technik sollte zum Einsatz kommen, ist jedoch in der technischen Umsetzung bei den einzelnen Anlagenelementen (LSA, Straßenleuchten etc.) zu prüfen.

Maßnahme	Wahl der Baustoffe Ressourcenschonung und Berücksichtigung projektspezifischer Anforderungen (z.B. Lärmschutz)
Vorteil	Der Einsatz von recycelbaren Materialien (Stahlblech) sowie Recyclingmaterialien (RCL) unter Berücksichtigung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes trägt zur Ressourcenschonung bei. Zudem können sich die Transport- und Entsorgungskosten und die damit einhergehenden Emissionen verringern. Die Wahl von lärmindernden Belägen schafft Nachhaltigkeitspotenziale in Bezug auf die Lärmbeeinträchtigung von Mensch und Tier. Ggf. kann auf zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen verzichtet werden.
Nachteil	Die erforderliche Gerätetechnik muss vorhanden sein. Die Prüfverfahren sind für den Erhalt einer gleichwertigen Qualitätsstufe anzupassen und auf die Eigenschaften der neuen Baustoffe abzugleichen. Lärmoptimierte Asphalte sind i.d.R. mit höheren Kosten und einem höheren Erhaltungsaufwand verbunden.
Querverweis	Die Prüfung der Zulässigkeit von Recyclingmaterial (bspw. Einbau von RCL in Wasserschutz-zonen) erfolgt im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung. In der Regel muss trotzdem noch die wasser- oder bodenrechtliche Befreiung durch die zuständige Behörde vorliegen. Dies ist schon im Planungsprozess zu berücksichtigen. Die lärmschutztechnischen Anforderungen sind dem Lärmschutzgutachten (liegt entweder gesondert vor oder erfolgt mit der Umweltverträglichkeitsprüfung) zu entnehmen.
Umsetzungsempfehlung	Die Wahl nachhaltiger Baustoffe sollte im Zusammenspiel mit dem Einsatz bereits recycelter Baustoffe gemäß Regelwerk erfolgen. Sofern Lärmschutz erforderlich ist, sind die Vorteile lärmindernder Beläge den höheren Kosten in der Herstellung und dem höheren Erhaltungsaufwand im Lebenszyklus gegenüberzustellen. Mittels einer Lebenszykluskostenbewertung und einer Ökobilanzuntersuchung sollten die einzelnen Varianten zur Umsetzung des Lärmschutzes untersucht werden.

Maßnahme	Einsatz neuer Gerätetechnologie zur Qualitätssteigerung bereits im Einbauprozess und zur Steigerung der Energieeffizienz
Vorteil	<p>Neue Technologien wie bspw. der Einsatz von thermoisolierten Transportmulden in Kombination mit Beschickern mit Bunkereinheit (Zwischenspeicher für mindestens eine Lkw-Ladung Asphaltmischgut) ermöglichen einen reduzierten Emissionswert bei Transport und Einbau sowie eine erhebliche Qualitätssteigerung bereits im Einbauprozess. Eine optimierte Bauprozesskette führt weiterhin zu Zeit- und Personaleinsparungen.</p> <p>Die Verwendung von Hybridmaschinen mit Energierückgewinnungssystemen kann ebenfalls die Energieeffizienz erhöhen und die Ökobilanz positiv beeinflussen.</p>
Nachteil	Es sind höhere Kosten bei der Geräteanschaffung und den ausgeführten Arbeiten zu erwarten.
Querverweis	In Abhängigkeit des Projektes (Lage der Baumaßnahme, Ziele des Vorhabenträgers, Zeitvorgaben, Vorgaben aus der Umweltverträglichkeitsprüfung etc.) ist im Einzelfall über den Einsatz und die Beschaffung neuer Gerätetechnologien zu entscheiden. Dabei müssen die Anschaffungs- und Personalschulungskosten sowie der Zeitaufwand dafür der tatsächlichen Zeitersparnis während der Bauausführung und der erreichbaren Qualitätssteigerung gegenüber gestellt und abgewogen werden.
Umsetzungsempfehlung	Der Einsatz von neuen Technologien ist zu bevorzugen, muss jedoch im Hinblick auf Anschaffung und weitere Einsatzmöglichkeiten zwingend mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse kritisch überprüft werden. Die tatsächlich positiven Auswirkungen hinsichtlich Emission und lokaler Umwelt sind in Relation zum erzielbaren Nutzen zu setzen.

B3 Planung der Ingenieurbauwerke

Allgemeines

Durch die Festlegung des Streckenzuges im Rahmen von Linienfindung und Trassierung sind die erforderlichen Ingenieurbauwerke in ihrer Lage und ihren Grundabmessungen weitestgehend festgelegt. Die Nachhaltigkeit des einzelnen Ingenieurbauwerkes hängt somit zu großen Teilen davon ab, inwieweit die bauwerksspezifischen Aspekte der Nachhaltigkeit der einzelnen Ingenieurbauwerke bereits bei der Planung des Streckenzuges berücksichtigt wurden.

An dieser Stelle werden lediglich die Aspekte der Nachhaltigkeit betrachtet, die sich nach der Festlegung des Bauwerksstandortes und der Gradienten des Verkehrsweges noch frei gestalten lassen.

Besonderheiten Brücken

Im Unterschied zur freien Strecke ist der Aufbau einer Brücke entlang ihrer Längsachse sehr veränderlich. An Widerlagern und Pfeilern findet eine Materialkonzentration statt, während sich der dazwischenliegende Überbau entlang seiner Achse mehr oder weniger stark bis gar nicht verändert. Zur Bewertung von Kosten und Umweltwirkungen mittels einer Massenbilanz muss bei einer Brücke immer das gesamte Bauwerk berücksichtigt werden. Den repräsentativen „laufenden Meter“ Brücke gibt es nicht. Im Vergleich zur freien Strecke zeichnen sich Brücken zudem dadurch aus, dass sie sich aufgrund ihrer Funktion häufig in exponierter Lage befinden. Die exponierte Lage bezieht sich dabei sowohl auf die prägende Funktion im Landschaftsbild als auch auf die Einwirkung ungünstiger Witterungseinflüsse. Bezüglich Bauart, Konstruktionsweise, statischem Tragsystem, Gestaltung etc. weisen Brücken eine wesentlich höhere Vielfalt und damit einen wesentlich höheren Gestaltungsspielraum auf, als das bei Strecken der Fall ist. Insbesondere spielt die architektonische Gestaltung, die bei Strecken und Tunneln nachrangig ist bei Brücken im Einzelfall eine dominierende Rolle.

Besonderheiten Tunnel

Tunnel stellen vom Grundsatz einen überdachten Streckenabschnitt dar und haben auf weiten Längsbereichen für den Nutzer gleiche oder zumindest ähnliche Querschnittsgestalt. Hinsichtlich der Witterungsverhältnisse haben sie Vorteile gegenüber der freien Strecke. Es gibt keine Niederschläge und meist keine Eisbildung. Durch das fehlende Tageslicht müssen Tunnel künstlich beleuchtet werden.

Im Gegensatz zu der freien Strecke und den Brücken fallen Tunnel im Landschaftsbild nicht auf und schränken eine Oberflächennutzung nur begrenzt ein. Exponiert sind nur die Portale, die möglichst harmonisch in die Landschaft einzupassen sind. Tunnelbauwerke sind mit sehr hohen Investitionskosten verbunden und weisen hohe Unterhaltskosten auf.

Der Tunnelquerschnitt ist in erster Linie abhängig von der Bauweise (offene / geschlossene) und diese wiederum von der Erdüberdeckung und den geologischen Verhältnissen. So werden oberflächennahe Tunnel im Regelfall in offener Bauweise mit Rechteckquerschnitt und tiefer liegende Tunnel in geschlossener Bauweise mit Maut- und Kreisquerschnitten hergestellt.

Für die Bewertung der Umweltauswirkungen muss das gesamte Bauwerk betrachtet werden. Dabei können, wie bei der freien Strecke, Abschnitte gleicher Konstruktion gebildet werden.

Maßnahmenkatalog Brücke

Im Folgenden sind mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeitsqualität von Brückenbauwerken dargestellt. Die technische Anwendbarkeit und der erreichbare Grad der Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität sind für jede Maßnahme im Einzelfall anhand der projektspezifischen Randbe-

dingungen zu prüfen. Der dargestellte Maßnahmenkatalog sollte stetig erweitert und nach aktuellem Stand der Technik angepasst und ergänzt werden.

Maßnahme	<p>Wahl der Baustoffe</p> <p>Die zur Herstellung verwendeten Materialien (Baustoffe) beeinflussen die Nachhaltigkeit einer Brücke in nahezu allen Teilbereichen (ökologische, ökonomische, soziokulturell-funktionale und technische Qualität). Einen besonders großen Einfluss haben dabei die ökobilanziellen Umweltwirkungen und die Lebenszykluskosten. Der Auswahl der Baustoffe sollte daher aus Sicht der Nachhaltigkeit eine besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht werden.</p>
Vorteil	<p>Möglichkeit zur Minimierung der ökobilanziellen Umweltwirkungen im Lebenszyklus.</p> <p>Möglichkeit zur Minimierung der Lebenszykluskosten.</p>
Nachteil	<p>Aufgrund technischer Erfordernisse und individueller Randbedingungen besteht oft nur ein geringer Spielraum hinsichtlich der Wahl alternativer Baustoffe, so dass das Potenzial dieser Maßnahme oft nicht ausgeschöpft werden kann.</p>
Querverweis	<p>Die Wahl der Baustoffe muss in Abstimmung mit der Tragwerksplanung erfolgen.</p> <p>Die Optimierungsziele „Minimierung der Umweltwirkungen“ und „Minimierung der Lebenszykluskosten“ können teilweise miteinander konkurrieren.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen zur Wahl hochwertiger, langlebiger Baustoffe.</p> <p>Die Wahl der Baustoffe (sowohl die Art als auch die Qualität) beeinflusst die regelmäßigen und unregelmäßigen Erhaltungsmaßnahmen über den Lebenszyklus und hat somit auch Einfluss auf die indirekten Folgewirkungen aus baubedingten Zeitverlusten und Mehrkilometern.</p> <p>Die Wahl der Baustoffe hat einen Einfluss auf die Wartungsfreundlichkeit.</p> <p>Die Baustoffwahl beeinflusst das Gefährdungspotenzial der Brücke hinsichtlich plötzlicher Glättebildung.</p> <p>Die bilanzierbaren Umweltwirkungen sind abhängig von der Qualität der zugrunde gelegten Datensätze (Ökobau.dat oder EPD). Mit jeder Novellierung von Datensätzen können Bewertungsveränderungen und -verzerrungen einhergehen.</p> <p>Die prognostizierten Lebenszykluskosten hängen von den zugrunde gelegten Baustoffpreisen ab. Diese unterliegen oft nicht vorhersehbaren Schwankungen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>In erster Linie sind die Baustoffe nach den technischen Erfordernissen der Tragwerksplanung zu wählen. Gesetzlich/normative Mindestanforderungen an die Baustoffqualitäten sind immer einzuhalten.</p> <p>Darüber hinaus sollten folgende, teilweise konkurrierende Optimierungsziele verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimierung der Umweltwirkungen • Minimierung der Lebenszykluskosten • Verwendung dauerhafter, langlebiger Baustoffe • Verwendung leicht recycelbarer Baustoffe <p>Zur Abwägung konkurrierender Interessen im Rahmen des Entscheidungsprozesses muss eine Vergleichsbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus für alle betroffenen Aspekte der Nachhaltigkeit durchgeführt werden. Eine Betrachtung von Ökobilanz und Lebenszykluskostenberechnung alleine reicht nicht aus.</p>

Maßnahme	Verwendung hochwertiger, langlebiger Baustoffe
Vorteil	<p>Durch den Einsatz hochwertiger langlebiger Baustoffe wird die technische Qualität des Bauwerks erhöht.</p> <p>Das Auftreten von abnutzungs- und alterungsbedingten Schäden wird verringert. Schäden treten seltener auf und/oder weisen eine geringere Schädigungsintensität auf. Dadurch reduzieren sich Aufwand und Kosten für Instandsetzungsarbeiten.</p> <p>Durch Materialeinsparung können auch die ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen reduziert werden.</p> <p>Wenn sich darüber hinaus durch den Einsatz hochwertiger dauerhafter Baustoffe die Instandsetzungsintervalle bzw. die Austauschintervalle vergrößern lassen, ergeben sich weitere ökonomische und ökologische Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Barwert der Lebenszykluskosten wird reduziert, da notwendige Investitionen weiter in die Zukunft rücken. • Je nach Randbedingung entstehen geringere instandsetzungsbedingte Zeitverluste und Mehrkilometer, wodurch volkswirtschaftliche Folgekosten und verkehrsbedingte Umweltmehrbelastungen reduziert werden.
Nachteil	<p>Hochwertigere Baustoffe sind in der Regel mit höheren Herstellungskosten verbunden (→ Lebenszykluskosten).</p> <p>Hochwertiger Baustoffe können mit höheren ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen verbunden sein.</p>
Querverweis	<p>Hinsichtlich der ökologischen und der ökonomischen Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.</p> <p>Höheren Kosten und Umweltwirkungen in der Herstellung stehen Einsparungen während des Lebenszyklus durch geringere Austauschhäufigkeit und geringere indirekte Folgekosten und Umweltwirkungen entgegen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Aus Sicht der technischen Qualität sind hochwertige langlebige Baustoffe grundsätzlich vorzuziehen. Gesetzlich/normative Mindestanforderungen sind dabei immer einzuhalten.</p> <p>Anhand einer Prognose von Ökobilanz und Lebenszykluskostenberechnung ist zu entscheiden, bis zu welchem Maße eine Übererfüllung der Mindestanforderungen hinsichtlich der Baustoffqualitäten aus Sicht der Nachhaltigkeitsbewertung sinnvoll ist.</p>

Maßnahme	Konstruktionsweise der Brücke: integrale Brücke (ohne Lager und ohne Übergangskonstruktionen)
Vorteil	<p>Herstellaufwendungen für Lager und Übergangskonstruktionen entfallen (→ Lebenszykluskosten, → ökobilanzabhängige Umweltwirkungen).</p> <p>Wartungs- und Instandsetzungsaufwand für Lager und Übergangskonstruktionen entfällt.</p> <p>Beeinträchtigungen des Verkehrs (Zeitverluste und Mehrkilometer) werden reduziert, da Erneuerungs- bzw. Austauscharbeiten für Lager und Übergangskonstruktionen entfallen.</p> <p>Der Verzicht auf Übergangskonstruktionen wirkt sich positiv auf den Fahrkomfort und auf die Lärmbeeinträchtigung von Mensch und Umwelt aus.</p>
Nachteil	<p>Bei integralen Brücken entstehen Zwangsschnittgrößen aus Bauwerksverformung und Boden-Bauwerk-Interaktion, die einen Mehrauswand und einen höheren Schwierigkeitsgrad hinsichtlich der Tragwerksplanung nach sich ziehen.</p> <p>Die mögliche Gesamtlänge integraler Brücken ist beschränkt. Ab einer gewissen Länge können die Bauwerke, selbst wenn das eigentliche Brückenbauwerk ein integrales Rahmentragwerk darstellt, nicht mehr ohne klassische Übergangskonstruktionen an die Fahrbahn der angrenzenden Strecke angeschlossen werden.</p> <p>Bei großen Schiefen oder Asymmetrien erhöhen sich die Zwangsschnittgrößen und sind zudem ungleichmäßig verteilt, wodurch die Schwierigkeit der Tragwerksplanung steigt und ggf. ein Mehraufwand an Kosten und Material entsteht.</p>
Querverweis	<p>Die Maßnahme ist nur bis zu einer gewissen Gesamtlänge der Brücke anwendbar.</p> <p>Hinsichtlich Tragwerksplanung und Konstruktionsweise bestehen starke Wechselwirkungen (z.B. auch hinsichtlich der Verwendung kompakter Querschnitte)</p> <p>Bei ungünstigen Randbedingungen (sehr schiefer Schnittwinkel, Asymmetrien, ungleichmäßige ungünstige Baugrundeigenschaften) werden die positiven Wirkungen u.U. durch die negativen Wirkungen einer aufwändigeren und fehleranfälligeren Planung und Ausführung aufgehoben.</p> <p>Sobald aufgrund der Gesamtlänge nicht mehr auf klassische Übergangskonstruktionen verzichtet werden kann, entfallen erhebliche Vorteile der integralen Bauweise.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Für kleinere symmetrische Bauwerke mit annähernd senkrechtem Schnittwinkel und gleichmäßigen Baugrundverhältnissen ist die integrale Bauweise zu empfehlen, da hier die Vorteile über den Lebenszyklus gesehen dominieren.</p> <p>Bei abweichenden Randbedingungen muss im Einzelfall geprüft werden ob eine integrale oder semiintegrale Bauweise technisch möglich sind und ob deren Vorteile dann noch dominieren.</p> <p>Im Einzelfall kann es sich positiv auf die Nachhaltigkeitsbewertung auswirken, einen Brückenentwurf hinsichtlich des Schnittwinkels (geradestellen der Widerlager) und der Bauwerkssymmetrie (gleiche Feldspannweiten, gleichbleibende Überbaubreite etc.) zu optimieren, auch wenn die Gesamtabmessungen des Bauwerks dadurch erhöht werden.</p>

Maßnahme	<p>Wahl eines schonenden Bauprozesses</p> <p>Wahl eines Bauprozesses, der in Abstimmung auf die Bauaufgabe und die örtlichen Randbedingungen hinsichtlich geringer Lärmemissionen, geringer Erschütterungen und geringer sonstiger Umweltbeeinträchtigungen (z.B. Freisetzung von Schadstoffen, Zerstörung naturnaher Vegetation) optimiert ist.</p>
Vorteil	<p>Durch die Umsetzung eines lärm- und erschütterungsarmen Bauprozesses wird die Lärmbeeinträchtigung von Mensch und Fauna reduziert.</p> <p>Durch die Minimierung von Erschütterungen und Schadstofffreisetzungen sowie die Minimierung der durch den Bauprozess beeinträchtigten naturnahen Flächen wird die ökologische Qualität hinsichtlich der Risiken für die lokale Umwelt verbessert.</p>
Nachteil	<p>Im Einzelfall kann die Maßnahme zu höheren Baukosten und/oder längeren Bauzeiten führen.</p> <p>Unter Umständen ist ein entsprechend schonender Bauprozess technisch nicht realisierbar.</p>
Querverweis	<p>Welche Maßnahmen ergriffen werden können und in welchem Umfang sie die Nachhaltigkeit tatsächlich verbessern, muss im Einzelfall unter den projektspezifischen Randbedingungen entschieden werden.</p> <p>Neben dem positiven Einfluss auf die ökologische Qualität (Risiken für die lokale Umwelt) und die soziokulturelle Qualität (Lärmbelästigung) besteht in der Regel ein negativer Einfluss auf die Kosten. Dieser kann sowohl direkt in Form von höheren Baukosten bestehen (→ Lebenszykluskosten), als auch indirekt in Form von bauzeitbedingten volkswirtschaftlichen Folgekosten (z.B. durch längere Zeitverluste und Mehrkilometer).</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Nach Abwägung der unter den örtlichen Randbedingungen für die jeweilige Bauaufgabe technisch umsetzbaren Möglichkeiten muss zwischen der ökonomischen und der ökologischen Wirkung abgewogen werden.</p> <p>Grundsätzlich sind schonende Bauprozesse vorzuziehen. Genehmigungsrechtliche Vorgaben sind dabei immer einzuhalten. Um abzuschätzen inwieweit eine darüber hinausgehende Übererfüllung sinnvoll ist, muss eine Vergleichsberechnung durchgeführt werden, in der zu prüfen ist, ob die Wirkung der Nachteile in einer Nachhaltigkeitsbewertung durch die Wirkung der Vorteile voll kompensiert werden kann.</p>

Maßnahme	<p>Optimierung des Gründungskonzeptes</p> <p>Optimierung des Gründungskonzeptes in Abhängigkeit der projektspezifischen Randbedingungen hinsichtlich der Minimierung der Beeinträchtigung der Grundwassersituation, der bestmöglichen Abstimmung auf den Untergrund (Boden-Bauwerk-Interaktion) und der Minimierung von Kosten und Materialeinsatz.</p>
Vorteil	<p>Die Vermeidung der Vermischung von Grundwasserschichten und die Vermeidung einer dauerhaften Beeinträchtigung des Grundwasserstroms wirken sich positiv auf die ökologische Qualität aus (Risiken für die lokale Umwelt: Boden, Wasser, Luft).</p> <p>Geringe Baukosten (→ Lebenszykluskosten) wirken sich positiv auf die ökonomische Qualität aus.</p> <p>Geringe Materialmassen wirken sich über eine Reduzierung der ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen positiv in der ökologischen Qualität aus.</p>
Nachteil	<p>Die Maßnahme ist unter Umständen nicht anwendbar, wenn aufgrund der örtlichen und projektspezifischen Randbedingungen Alternativen hinsichtlich des Gründungskonzeptes technisch nicht umsetzbar sind.</p> <p>Hinsichtlich der Kosten und des Materialeinsatzes optimierte Gründungen weisen bestimmungsgemäß einen sehr hohen Ausnutzungsgrad auf. Dadurch ergeben sich nur minimale Reserven für eine nachträgliche Lasterhöhung.</p>
Querverweis	<p>Es besteht eine Konkurrenz zwischen der Minimierung von Kosten und Materialeinsatz auf der einen Seite und dem Vorhalten von Lastreserven auf der anderen Seite.</p> <p>Es besteht ein Wechselwirkung zur Minimierung von Bodenbewegungen.</p> <p>Innerhalb der Optimierung kann eine Konkurrenz zwischen den Einzelzielen Minimierung der Grundwasserbeeinträchtigung, Minimierung der Kosten und Minimierung des Materialeinsatzes bestehen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Prüfen der technischen Möglichkeiten unter den örtlichen und projektspezifischen Randbedingungen.</p> <p>Genehmigungsrechtliche Vorgaben (z.B. bezüglich Eingriffen in Grundwasserleiter) sind immer einzuhalten. Darüber hinaus sind die genannten Optimierungsziele immer anzustreben.</p> <p>Einzuplanende Lastreserven müssen durch eine planerische Entscheidung im Vorfeld festgelegt werden.</p>

Maßnahme	Optimierung von Bodenbewegungen <p>Optimierung des Bauwerksentwurfes hinsichtlich der erforderlichen Bodenbewegungen. Dabei soll einerseits die Aushubmenge minimiert werden und andererseits die Wiederverwendungsquote des Aushubmaterials innerhalb des Projektes maximiert werden. Das Antasten von belasteten Böden, die nicht zum Wiedereinbau geeignet sind sollte vermieden werden.</p> <p>Die Möglichkeiten zum Erreichen dieser Ziele sind vielfältig und müssen projektspezifisch unter den jeweiligen Randbedingungen ermittelt werden.</p> <p>Mögliche Einzelmaßnahmen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Mittelstützen durch Erhöhung der Feldspanweiten • Ggf. Verzicht auf Mittelstützen • Individuelle Anpassung der Konstruktion und der Spannweiten um die Lage von Stützenfundamenten in problematischen Bodenbereichen zu umgehen • Verschiebung der Absprungpunkte zum Ausgleich der Bodenmassenbilanz (Abwägung bzw. Ausgleich zwischen Einschnitt und Dammlage)
Vorteil	<p>Geringere Aushubmengen reduzieren die prozessbedingten Kosten und Umweltwirkungen.</p> <p>Eine Minimierung der Boden An- und Abtransporte von und zur Baustelle reduziert die transportbedingten Kosten und Umweltwirkungen.</p> <p>Eine Minimierung der Mengen an belastetem, nicht für den Wiedereinbau geeignetem Boden vermeidet Mehrkosten und Umweltbeeinträchtigungen durch Schadstofffreisetzung und Entsorgungsaufwand.</p>
Nachteil	<p>Die Maßnahmen sind unter Umständen nicht anwendbar, wenn aufgrund der örtlichen und projektspezifischen Randbedingungen keine technisch umsetzbaren Alternativen bestehen.</p> <p>Ein hinsichtlich der Bodenqualität und der Aushubmengen optimierter Bauwerksentwurf (insbesondere hinsichtlich der Lage der Stützenfußpunkte im Gelände) kann sowohl die Gestaltung als auch die Tragwerksplanung negativ beeinflussen. Durch einen ggf. erforderlichen höheren Materialeinsatz im Bauwerk können zusätzliche Kosten und Umweltwirkungen entstehen.</p>
Querverweis	<p>Die Anwendung der Maßnahmen ist nur bei größeren Bauwerken sinnvoll, bei kleinen Bauwerken besteht wenig Spielraum zur Optimierung.</p> <p>Es besteht eine starke Wechselwirkung zur Trassierung, zur konstruktiven Gestaltung und zur Tagwerksplanung, dabei insbesondere auch zur Ausbildung des Gründungskonzeptes.</p> <p>Es bestehen indirekte Wechselwirkungen zu den Lebenszykluskosten und zu den ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Prüfen der technischen Möglichkeiten unter den örtlichen und projektspezifischen Randbedingungen.</p> <p>Grundsätzlich ist eine Minimierung der Bodenbewegungen immer anzustreben. Welche Maßnahmen dazu im Einzelfall sinnvoll sind kann nur durch eine Vergleichsbetrachtung abgeschätzt werden, in der die individuellen Vorteile hinsichtlich der Nachhaltigkeitsbewertung den entstehenden Nachteilen gegenübergestellt werden.</p>

Maßnahme	<p>Wahl einer kompakten Konstruktionsweise mit kompakten Querschnitten</p> <p>Reduktion der spezifische Oberfläche des Brückenbauwerks durch die Wahl kompakter Querschnitte (Massivplatte oder Hohlkasten statt Plattenbalken, wenige größerer Plattenbalkenstege statt viele kleine Plattenbalkenstege, Vollwandkonstruktion statt Fachwerkkonstruktion, genereller Verzicht auf Seil- und Fachwerkkonstruktionen etc.).</p>
Vorteil	<p>Reduzierter Aufwand bei Wartung und Prüfung der Bauwerksoberflächen (weniger Fläche, leichter einsehbar).</p> <p>Reduzierter Instandsetzungsaufwand durch weniger instand zusetzende Flächen.</p> <p>Geringere potenzielle Schädigung des Bauwerks durch geringere witterungsexponierte Flächen.</p> <p>Geringeres Verschmutzungspotenzial und leichtere Reinigung durch weniger Nischen und schwer zugängliche Stellen in denen sich Schmutz und Unrat ansammeln können.</p>
Nachteil	<p>Die Maßnahme ist nicht bei allen Konstruktionsarten voll anwendbar. (Schrägseil- und Hängebrücken setzen den Einsatz von Seilen voraus.)</p> <p>Ggf. nicht anwendbar wenn Beschränkung der weiterleitbaren Lasten besteht.</p> <p>Einschränkung des Gestaltungsspielraums.</p> <p>Unter Umständen wird das Landschaftsbild und der sinnlich wahrnehmbare Nahbereich negativ beeinflusst (klobiges überdimensioniertes Aussehen).</p> <p>Ggf. werden die Querschnitte nicht optimal ausgenutzt (Massivplatte versus Plattenbalken).</p> <p>Ggf. Mehrkosten durch höheren Materialeinsatz für die gleiche Tragwirkung (Massivplatte versus Plattenbalken, Vollwandträger versus Fachwerkkonstruktion).</p>
Querverweis	<p>Es bestehen starke Wechselwirkung zu Tragwerksplanung und Konstruktionsweise</p> <p>Es können konkurrierende Wirkungen hinsichtlich der Materialeffizienz bestehen (Ausnutzung/Optimierung der Querschnitte).</p> <p>Über die eingesetzten Materialmengen bestehen Wechselwirkungen zur ökologischen und ökonomischen Qualität.</p> <p>Es bestehen konkurrierende Wirkungen hinsichtlich der Gestaltung.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Die Maßnahme sollte grundsätzlich angewandt werden. Die Entscheidung wie viel Mehreinsatz an Material zur Schaffung kompakterer Querschnitte bei gleicher Tragfunktion zu rechtfertigen ist, ist über eine Vergleichsbetrachtung der Lebenszykluskosten zu entscheiden.</p> <p>Die Maßnahme kann nicht (oder nur beschränkt) angewandt werden, wenn aufgrund besonderer Randbedingungen (z.B. schwierige Baugrundverhältnisse, oder Teilneubau unter Einbeziehung bestehender Unterbauten) eine besonders leichte Konstruktion gewählt werden muss.</p> <p>Bezüglich der Brücken oder Brückenbereiche, die entweder im Landschaftsbild in einer exponierten Lage stehen oder sich im sinnlich wahrnehmbaren Nahbereich befinden, muss darüber hinaus eine Abwägung zwischen den technischen Vorteilen und den gestalterischen Vorbehalten durchgeführt werden.</p>

Maßnahme	<p>Vorhalten zusätzlicher Reserven in der Fahrbahnbreite</p> <p>Ausführung der Fahrbahn auf der Brücke in einer größeren Breite als es zum Unterbringen der geplanten Fahrspuren notwendig ist.</p>
Vorteil	<p>Bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten im Randbereich der Fahrbahn reduziert sich die Beeinträchtigung auf den Verkehr, je nach Ausmaß der Wartungs- oder Bauarbeiten kann der Verkehr ohne nennenswerte Behinderung (d.h. ohne Zeitverluste und Mehrkilometer) aufrecht erhalten werden.</p> <p>Bei Unfällen auf der Brücke wird die Behinderung des Verkehrs durch Rettungs- und Bergungsarbeiten reduziert, da sich die Möglichkeiten, den Verkehr an der Unfallstelle vorbeizuleiten, verbessern (in Abhängigkeit des Unfallausmaßes, der Fahrstreifenanzahl und der tatsächlichen Fahrbahnbreite)</p> <p>Bei steigendem Verkehrsaufkommen bestehen gewisse Kapazitätsreserven durch Verbreiterung der Fahrspuren (z.B. Aufwertung von RQ 9B zu RQ 11B).</p> <p>Im Extremfall ist die Ausweisung einer zusätzlichen Fahrspur, und damit eine erhebliche Kapazitätssteigerung möglich.</p>
Nachteil	<p>Es entstehen Mehrkosten und zusätzliche Umweltwirkungen (durch den höheren Materialverbrauch).</p>
Querverweis	<p>Den direkten Mehrkosten und direkten zusätzlichen Umweltwirkungen stehen nur indirekte Einsparungen entgegen.</p> <p>Die Maßnahme ist nur an vielbefahrenen Strecken sinnvoll, an denen bereits durch leichte Fahrspurverengung oder Fahrspurzusammenlegung starke Verkehrsbeeinträchtigungen (Zeitverluste und Mehrkilometer) entstehen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Bis zu einem gewissen Maß scheint ein Vorhalten von Reserven der Fahrbahnbreite bei hoch ausgelasteten Strecken sinnvoll, um eine höhere Flexibilität bei Unfällen und eine geringere Beeinträchtigung bei regelmäßigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten zu schaffen.</p> <p>Das Vorhalten einer zusätzlichen Fahrspur hingegen scheint nur sinnvoll wenn, sich aus Verkehrsprognosen oder bereits bestehenden Ausbauplänen in absehbarer Zeit ein tatsächlicher Bedarf begründen lässt.</p>

Maßnahme	<p>Angenehme Gestaltung im Nahbereich von Fuß- und Radverkehr</p> <p>Bei Brücken mit maßgeblichem Fußgänger- und Radverkehr spielt die sinnlich wahrnehmbare Gestaltung des unmittelbaren Nahbereichs eine große Rolle für das subjektive Sicherheitsgefühl und die Behaglichkeit und damit letztlich für die Akzeptanz des Bauwerks durch die Nutzer. Dabei spielt es keine nennenswerte Rolle, ob der Fuß- und Radverkehr auf der primären (Fußgängerüberführung, oder Mischnutzung auf einer Straßenbrücke) oder auf einer sekundären Verkehrsstrecke (Fußgängerunterführung oder Mischnutzung bei einer Straßenunterführung) stattfindet.</p>
Vorteil	<p>Durch Behaglichkeit und subjektives Sicherheitsgefühl steigt der Nutzerkomfort.</p> <p>Durch die Akzeptanz des vorgesehenen Verkehrsweges durch die Nutzer (Fußgänger und Radfahrer) steigt die Verkehrssicherheit und die Unfallhäufigkeit sinkt, da dadurch unkontrollierte Querungen an dafür nicht vorgesehenen Stellen reduziert werden.</p>
Nachteil	<p>Derartige Maßnahmen können mit Mehrkosten (und zusätzlichen Umweltwirkungen) verbunden sein.</p>
Querverweis	<p>Bei Brücken, die sich außerhalb des Nahbereiches von Fuß- und Radverkehr befinden spielt diese Maßnahme keine Rolle.</p> <p>Welche Maßnahmen im Einzelnen sinnvoll sind, kann nur im Einzelfall entschieden werden. Die folgenden Punkte können nur beispielhaften Charakter haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzlich sollte der Eindruck von Enge vermeiden werden (→ helle Oberflächen). • Bei Unterführungen sollte bei Betrete der Unterführung das andere Ende sichtbar sein (kein bogenförmiger oder geknickter Verlauf). • Unterführungen sollten ausreichend beleuchtet sein. • Die Oberflächen sollten einerseits gut zu reinigen sein aber andererseits Behaglichkeit und Wärme ausstrahlen. Ein steriles kaltes Aussehen sollte ebenso vermieden werden wie ein ungepflegtes verwahrlostes Aussehen. • Bei Mischnutzung sollten ausreichender Platz und ausreichende räumliche (bauliche) Trennung gewährleistet sein.
Umsetzungsempfehlung	<p>Es sollte immer geprüft werden ob sich durch die Wahl einfacher kostenneutraler oder kostengünstiger Teilmaßnahmen eine Verbesserung schaffen lässt.</p> <p>Aufwendige und teure Einzelmaßnahmen sind bei hochfrequentierten und/oder städtebaulich repräsentativen, wichtigen Bauwerken im Einzelfall zu rechtfertigen.</p>

Maßnahme	<p>Wartungsfreundliche Ausbildung der konstruktiven Details, der Brückenlagern und der Brückenausrüstung</p> <p>Ausbildung aller konstruktiven Details, der Lager (wo vorhanden) und aller Ausrüstungselemente in einer leicht zugänglichen und wartungsfreundlichen Art und Weise. Insbesondere ist darauf zu achten, dass alle Bereiche, für die regelmäßige Wartung und Inspektion erforderlich sind, ohne die Demontage anderer Bauteile zugänglich sind. Wenn sich dies nicht völlig vermeiden lässt ist auf eine einfache Demontierbarkeit und Wiedermonierbarkeit der entsprechenden Bauteile zu achten.</p>
Vorteil	<p>Reduzierter Aufwand bei Wartung und Inspektion der Brücke (→ geringere Wartungskosten).</p> <p>Höhere Qualität der durchgeführten Wartung und Inspektionsarbeiten.</p>
Nachteil	<p>Es können Mehrkosten entstehen.</p> <p>Es können zusätzliche Umweltwirkungen durch einen höheren Materialeinsatz oder den Einsatz besonders wartungsarmer Materialien entstehen.</p> <p>Wenn es im Einzelfall aus technischer Sicht keine Ausführungsalternativen gibt, kann kein Nachhaltigkeitspotenzial ausgenutzt werden.</p>
Querverweis	<p>Hinsichtlich der konstruktiven Details und der Lager bestehen Wechselwirkungen zur Tragwerksplanung und zur Konstruktionsweise.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen und/oder Synergieeffekte hinsichtlich aller anderen Maßnahmen, die Elemente der Brückenausrüstung betreffen (Übergangskonstruktionen, Bauwerksbeleuchtung, Lärmschutzwände etc.), insbesondere zu Maßnahmen bezüglich einer hochwertigen und langlebigen Ausführungsqualität der Komponenten.</p> <p>Es können konkurrierende Wirkungen hinsichtlich der Materialeffizienz bestehen. (wartungsfreundliche Ausführung versus materialeffiziente Ausführung).</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Diese Maßnahme sollte grundsätzlich angewandt werden. Die Entscheidung wie viel Mehreinsatz an Material und welche Mehrkosten für eine besonders wartungsarme Ausführungsqualität der betreffenden Komponenten zu rechtfertigen ist, ist über eine Vergleichsbetrachtung der Lebenszykluskosten zu entscheiden.</p>

Maßnahme	Verwendung hochwertiger, langlebiger Lager, Übergangskonstruktionen und sonstiger Ausstattung
Vorteil	<p>Durch den Einsatz hochwertiger langlebiger Lager, Übergangskonstruktionen und sonstiger Elemente der Brückenausstattung wird die technische Qualität des Bauwerks erhöht.</p> <p>Das Auftreten von abnutzungs- und alterungsbedingten Schäden wird verringert. Schäden treten seltener auf und/oder weisen eine geringere Schädigungsintensität auf. Dadurch reduzieren sich Aufwand und Kosten für Reparaturarbeiten und die Austauschhäufigkeit wird reduziert.</p> <p>Durch höhere Lebensdauern der einzelne Komponenten erhöhen sich die Austauschintervalle, wodurch sich folgende ökonomische und ökologische Vorteile ergeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Barwert der Lebenszykluskosten wird reduziert, da notwendige Investitionen weiter in die Zukunft rücken. • Je nach Randbedingung entstehen geringere instandsetzungsbedingte Zeitverluste und Mehrkilometer, wodurch volkswirtschaftliche Folgekosten und verkehrsbedingte Umweltmehrbelastungen reduziert werden.
Nachteil	<p>Hochwertigere Komponenten sind in der Regel mit höheren Herstellungskosten verbunden (→ Lebenszykluskosten).</p> <p>Hochwertiger Komponenten können aufgrund eines höheren Materialgehalts oder der Verwendung hochwertigerer Einzelmaterialien mit höheren ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen verbunden sein.</p>
Querverweis	<p>Hinsichtlich der ökologischen und der ökonomischen Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.</p> <p>Höheren Kosten und Umweltwirkungen in der Herstellung stehen Einsparungen während des Lebenszyklus durch geringere Austauschhäufigkeit und geringere indirekte Folgekosten und Umweltwirkungen entgegen.</p> <p>Bezüglich einiger Ausstattungselemente (z.B. Übergangskonstruktionen, Lärmschutzwände, Blendschutz etc.) sind Wechselwirkungen mit anderen Maßnahme zu beachten in denen diese behandelt werden.</p> <p>Die Potenziale bezüglich Lagern und Übergangskonstruktionen lassen sich nur bei solchen Bauwerken ausschöpfen, in denen diese planmäßig eingebaut sind.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Aus Sicht der technischen Qualität sind hochwertige langlebige Baustoffe grundsätzlich vorzuziehen. Gesetzlich/normative Mindestanforderungen sind dabei immer einzuhalten.</p> <p>Anhand einer Prognose von Ökobilanz und Lebenszykluskostenberechnung ist zu entscheiden, bis zu welchem Maße eine Übererfüllung der Mindestanforderungen hinsichtlich der Baustoffqualitäten aus Sicht der Nachhaltigkeitsbewertung sinnvoll ist.</p>

Maßnahme	<p>Wahl der Bauart der Übergangskonstruktionen</p> <p>Wahl von Übergangskonstruktionen, die sich aufgrund ihrer Bauart lärm- und erschütterungsmindernd auswirken (z.B. Lamellenübergangskonstruktionen mit aufgeschweißten Rautenblechen).</p>
Vorteil	<p>Verglichen mit Übergangskonstruktion konventioneller Bauart werden bei lärmindernder Bauart der Übergangskonstruktionen die bei der Überfahrt entstehenden Erschütterungen und Geräusche deutlich reduziert. Daraus resultiert sowohl ein Mehrwert für die Nutzer der Brücke (→ angenehmerer Fahrkomfort auf der Brücke) als auch ein Mehrwert für Außenstehende (→ geringere Lärmbelastigung für Anwohner sowie Fauna und Flora). Im Einzelfall kann ggf. auf zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen verzichtet werden.</p>
Nachteil	<p>Verglichen mit Übergangskonstruktionen ohne lärmindernde Eigenschaften können höhere Kosten für Erstherstellung und Austausch während der Nutzungsphase entstehen.</p> <p>Im Einzelfall können auf Grund eines höheren Materialverbrauches höhere Umweltwirkungen entstehen.</p>
Querverweis	<p>Diese Maßnahme ist nur bei Bauwerken anwendbar, die planmäßig Übergangskonstruktionen enthalten.</p> <p>Die lärmschutztechnischen Anforderungen sind dem Lärmschutzgutachten (liegt entweder gesondert vor oder erfolgt mit der Umweltverträglichkeitsprüfung) zu entnehmen.</p> <p>Die Umsetzung der Maßnahme beeinflusst die Ökobilanz und die Lebenszykluskostenberechnung.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Sofern Lärmschutz erforderlich ist, rechtfertigen die Vorteile lärmindernder Übergangskonstruktionen die höheren Kosten und sind daher einzusetzen.</p>

Maßnahme	<p>Optimierung der Lage von Übergangskonstruktionen</p> <p>Notwendige Übergangskonstruktionen auf der primären Verkehrsstrecke in einem Winkel von 45° bis 67,5° im Bezug zur Brückenlängsachse anordnen.</p>
Vorteil	<p>Verglichen mit einer Übergangskonstruktion, die senkrecht zur Brückenlängsachse verläuft, werden die bei der Überfahrt entstehenden Erschütterungen und Geräusche bei einer schräg schneidenden Übergangskonstruktion deutlich reduziert. Daraus resultiert sowohl ein Mehrwert für die Nutzer der Brücke (→ angenehmerer Fahrkomfort auf der Brücke) als auch ein Mehrwert für Außenstehende (→ geringere Lärmbelastung für Anwohner sowie Fauna und Flora).</p>
Nachteil	<p>Die Maßnahme ist nicht immer in vollem Umfang anwendbar. Durch die Trassierung und die räumlichen Randbedingungen können Zwänge vorgegeben sein die eine freie Wahl des Schnittwinkels einschränken.</p> <p>Mit jeder Reduktion des Schnittwinkels von 90° hin zu 45° vergrößert sich die erforderliche Länge der Übergangskonstruktion. Dadurch steigt der primäre Materialverbrauch für die Übergangskonstruktion, was sich in einer Erhöhung der durch die Übergangskonstruktion verursachten Lebenszykluskosten und Umweltwirkungen niederschlägt.</p> <p>Wenn sich durch die freie Wahl eines schrägeren Schnittwinkels die Länge der Widerlagerwände und/oder die Länge des Überbaus vergrößern, folgen weiterer Zuwächse bei den Umweltwirkungen und Lebenszykluskosten.</p>
Querverweis	<p>Diese Maßnahme ist nur bei Bauwerken anwendbar, die planmäßig Übergangskonstruktionen enthalten.</p> <p>Die Maßnahme wird durch Vorgaben der Trassierung beeinflusst. Die volle Umsetzbarkeit kann durch äußere Randbedingungen verhindert sein.</p> <p>Die Umsetzung der Maßnahme beeinflusst die Geometrie von Übergangskonstruktion, Widerlagern und Überbau → Einfluss auf Massenbilanz, Ökobilanz (Life Cycle Assessment = LCA) und Lebenszykluskostenberechnung (Life Cycle Costing = LCC).</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Prüfen der technischen Möglichkeiten (äußere Vorgaben der Trassierung etc.).</p> <p>Ermitteln der Mehrmassen und der daraus resultierenden Umweltwirkungen und Lebenszykluskosten die sich in Anhängigkeit der Schrägstellung ergeben.</p> <p>Umsetzung der Maßnahme nur, solange sich anhand einer Vergleichsrechnung belegen lässt, dass die Wirkung der Nachteile in einer Nachhaltigkeitsbewertung durch die Wirkung der Vorteile voll kompensiert werden kann. Eine Teilumsetzung der Maßnahme ist möglich.</p>

Maßnahme	<p>Belagsaussteifung beim Anschluss von Übergangskonstruktionen</p> <p>Durch Belagsaussteifung beim Anschluss von Übergangskonstruktionen lässt sich der Höhenversatz zwischen ÜKO und Fahrbahn gegenüber den Mindestanforderungen der ZTV-ING weiter reduzieren, sodass praktisch kein wahrnehmbarer Höhenunterschied besteht. (Alternative Maßnahmen, die zum gleichen Ergebnis führen, sind gleichwertig zu behandeln.)</p>
Vorteil	<p>Rollgeräusche beim Überfahren der Übergangskonstruktion werden minimiert (→ Reduktionen der Lärmbelastung von Mensch und Umwelt).</p> <p>Der Fahrkomfort wird erhöht.</p>
Nachteil	<p>Diese Maßnahme ist mit zusätzlichen Kosten verbunden. (Die zusätzlichen Umweltwirkungen durch zusätzlichen Materialverbrauch werden als vernachlässigbar eingeschätzt)</p>
Querverweis	<p>Diese Maßnahme kann nur bei Brücken angewendet werden, bei denen planmäßig Übergangskonstruktionen vorhanden sind.</p> <p>Es besteht eine Wechselwirkung mit den Lebenszykluskosten. Neben den Herstellkosten sind Mehrkosten auch bei der Erneuerung im Rahmen der unregelmäßigen Instandsetzung zu beachten).</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Aus Sicht der technischen Qualität sowie der ökologischen und soziokulturellen Qualität (Lärmschutz und Fahrkomfort) ist die Umsetzung dieser Maßnahme grundsätzlich zu empfehlen.</p> <p>Aus Sicht der ökonomischen Qualität ist diese Maßnahme jedoch nur dann zu empfehlen, wenn einer oder beide der folgenden Bedingungen zutrifft:</p> <ul style="list-style-type: none"> • An der betreffenden Stelle besteht aufgrund der Lage der Brücke ein generelles Gefährdungspotenzial hinsichtlich der Lärmbelastung von Mensch und/oder Fauna (Aspekt Lärmschutz). • Es handelt sich um eine vielbefahrene Strecke, die planmäßig mit mittleren oder hohen Geschwindigkeiten befahren wird (Aspekt Fahrkomfort).

Maßnahme	<p>Bauliche Trennung bei Mischnutzung</p> <p>Bei einer Mischnutzung von Fuß- und Radverkehr mit Autoverkehr ist die Sicherheit des Fuß- und Radverkehrs durch eine bauliche Trennung mittels Schutzplanken oder Betonschutzwänden zu gewährleisten.</p>
Vorteil	<p>Im Vergleich mit Brücken, bei denen außer der Bordsteinkante keine bauliche Trennung des Fuß- und Radverkehrs vom Autoverkehr stattfindet, wird die Sicherheit der Fußgänger und Radfahrer stark erhöht.</p> <p>Durch die Verhinderung (bzw. Reduzierung) willkürlicher Fahrbahnüberquerungen oder Betretungen durch Fußgänger und/oder Radfahrer erhöht sich die Sicherheit auch für den Autoverkehr.</p>
Nachteil	<p>Zusätzliche Schutzplanken oder Betonschutzwände sind mit Kosten und Umweltwirkungen verbunden.</p> <p>Das gestalterische Erscheinungsbild der Brücke kann negativ beeinflusst werden.</p> <p>Bauliche Einrichtungen zur Trennung der Nutzer haben einen eigenen Platzbedarf, der entweder von den vorhandenen Verkehrsflächen verloren geht oder zusätzlich beim Bau eingeplant werden muss.</p>
Querverweis	<p>Die Maßnahme ist nur bei Bauwerken anwendbar, bei denen eine Mischnutzung besteht.</p> <p>Aufgrund der Wechselwirkung hinsichtlich der Gestaltung können im innerstädtischen Bereich konkurrierende Wirkungen innerhalb der soziokulturellen Nachhaltigkeitsqualität bestehen.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen zu den Maßnahmen bezüglich der Ausführung der Brückenausstattung in hochwertiger und langlebiger Qualität sowie in wartungsfreundlicher Ausführungsart.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Gesetzlich/normative Vorgaben sind immer einzuhalten.</p> <p>Darüber hinaus ist im Einzelfall anhand der Verkehrsstärke (sowohl die Stärke des Autoverkehrs als auch die des Fuß- und Radverkehrs sind zu berücksichtigen) und der Straßenkategorie das Gefährdungspotenzial abzuschätzen und zu prüfen, ob der Mehrwert an Verkehrssicherheit die zu erwartenden Mehrkosten rechtfertigt.</p> <p>Bei Maßnahmen im Bestand ist zusätzlich zu prüfen, ob genügend Platz vorhanden ist und/oder ob besonders platzsparende Ausführungsvarianten zu wählen sind.</p> <p>Gestalterische Aspekte sind im Entscheidungsprozess den sicherheitsrelevanten Aspekten unterzuordnen.</p>

Maßnahme	Übelerfüllung des baulichen Lärmschutzes (Lärmschutzwände)
Vorteil	Jede wahrnehmbare Steigerung des Lärmschutzes wirkt sich positiv auf die ökologische Qualität (Lärmbeeinträchtigung der Fauna und Flora) und auf die soziokulturelle Qualität (Lärmbeeinträchtigung des Menschen) aus. Damit wird sowohl ein Beitrag zum Artenschutz als auch zur Steigerung der allgemeinen Gesundheit der Bevölkerung geleistet.
Nachteil	<p>Bei der Ausführung eines notwendigen baulichen Lärmschutzes in einer besseren (lärmmindernden) Qualität entstehen in der Regel höhere Kosten. Je nach eingesetztem Material können auch höhere Umweltwirkungen entstehen (Abhängig von den verwendeten Materialmengen und deren Ökobilanzierung).</p> <p>Bei Errichtung eines baulichen Lärmschutzes an Stellen, an denen ansonsten keiner vorgesehen ist, entstehen immer zusätzliche Kosten und Umweltwirkungen (Ökobilanz des eingesetzten Materials).</p> <p>Lärmschutzwände könne das Landschaftsbild negativ beeinflussen.</p> <p>Lärmschutzwände können je nach Ausführungsart und Gestaltung das optische Empfinden des Verkehrsraums und die Behaglichkeit der Verkehrsteilnehmer beeinträchtigen.</p>
Querverweis	<p>Es bestehen starke Wechselwirkungen:</p> <p>Innerhalb der ökologischen Qualität werden die ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen negativ beeinflusst, während die Lärmbeeinträchtigung von Fauna und Flora positiv beeinflusst wird.</p> <p>Innerhalb der soziokulturellen Qualität wird die Lärmbeeinträchtigung des Menschen immer positiv beeinflusst (akustische Wirkung), während das Landschaftsbild und das subjektive Empfinden des Verkehrsraums negativ beeinflusst werden können (optische Wirkung).</p> <p>Innerhalb der ökonomischen Qualität besteht in der Regel immer ein negativer Einfluss in Folge höherer Kosten. Ein volkswirtschaftlicher Vorteil durch einen besseren allgemeinen Gesundheitszustand der Bevölkerung lässt sich nicht erfassen.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen zur Wahl der Bauart, Gestaltung und Ausführungsqualität von Lärmschutzwänden.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Im Einzelfall müssen die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden.</p> <p>Genehmigungsrechtliche Vorgaben sind immer einzuhalten. Die Umsetzung darüberhinausgehender Maßnahmen ist nur sinnvoll, solange sich anhand einer Vergleichsrechnung belegen lässt, dass die Wirkung der Nachteile in einer Nachhaltigkeitsbewertung durch die Wirkung der Vorteile voll kompensiert werden kann.</p> <p>Bei Umsetzung der Maßnahme sind neben dem primären Ziel der Lärmminderung folgende teilweise konkurrierende Sekundärziele zu verfolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Baukosten • Effizienter Materialeinsatz, Materialien mit niedrigen Umweltwirkungen • Abwechslungsreiche, farblich angenehme Gestaltung • Pflegeleichte, wartungsfreundliche und dauerhafte Ausführungsqualität • Anpassung an das Landschaftsbild, unauffällige Gestaltung

Maßnahme	<p>Baulicher Blendschutz</p> <p>Ein baulicher Blendschutz kann entweder zur Vermeidung der Blendung durch entgegenkommenden Verkehr dienen – die Grundvoraussetzung ist hierbei die bauliche Trennung der Richtungsfahrbahnen – oder er kann die anliegende Bebauung vor Blendung durch Verkehr auf der Brücke schützen. (Außerhalb bebauter Gebiete kann dies sinngemäß auf den Schutz der betroffenen Fauna übertragen werden.)</p>
Vorteil	<p>Schutz vor Blendung durch entgegenkommenden Verkehr erhöht die Verkehrssicherheit und den Komfort der Verkehrsteilnehmer.</p> <p>Schutz der anliegenden Bebauung (oder Fauna) vor Blendung durch den Verkehr auf der Brücke erhöht den Komfort (bzw. die ökologische Qualität) der indirekt betroffenen Menschen (bzw. Tiere).</p>
Nachteil	<p>Ein zusätzlicher baulicher Blendschutz ist mit Mehrkosten und zusätzlichen Umweltwirkungen verbunden.</p> <p>Ähnlich wie eine Lärmschutzwand, kann ein baulicher Blendschutz im Einzelfall das Landschaftsbild negativ beeinflussen.</p> <p>Ein baulicher Blendschutz, der den Verkehrsraum nach außen abschottet, kann je nach Ausführungsart und Gestaltung das optische Empfinden des Verkehrsraums und die Behaglichkeit der Verkehrsteilnehmer negativ beeinträchtigen.</p>
Querverweis	<p>Die Maßnahme ist nur sinnvoll, an Stellen an denen eine erhöhte Gefahr der Beeinträchtigung durch Blendung besteht.</p> <p>Ein baulicher Blendschutz zur Vermeidung der Blendung durch Gegenverkehr ist nur bei baulich getrennten Richtungsfahrbahnen möglich.</p> <p>Bei einem baulichen Blendschutz, der die Bereiche außerhalb der Brücke vor Blendung durch den Verkehr auf der Brücke schützt, können konkurrierende Wirkungen innerhalb der soziokulturellen Nachhaltigkeitsqualität bestehen.</p> <p>Ein zusätzlicher baulicher Blendschutz ist immer mit zusätzlichen Wirkungen in der ökologischen und der ökonomischen Qualität verbunden.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen zu den Maßnahmen bezüglich der Ausführung der Brückenausstattung in hochwertiger und langlebiger Qualität sowie in wartungsfreundlicher Ausführungsart.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Im Einzelfall müssen Bedarf und technische Umsetzbarkeit anhand der gegebenen Randbedingungen ermittelt werden. Gesetzlich/normative Anforderungen (z.B. hinsichtlich der Gewährleistung der Verkehrssicherheit) sind dabei immer einzuhalten.</p> <p>Hinsichtlich der tatsächlichen Ausführung muss im Einzelfall eine Abwägung der verschiedenen teilweise konkurrierenden Wirkungen durchgeführt werden. Gestalterische Aspekte sind dabei den sicherheitsrelevanten Aspekten unterzuordnen.</p>

Maßnahme	<p>Baulicher Windschutz</p> <p>An Stellen, an denen aufgrund der Lage der Brücke im Gelände für den Verkehr eine erhöhte Gefahr durch Seitenwind besteht, kann durch bauliche Maßnahmen diese Gefahr reduziert oder ausgeschlossen werden.</p>
Vorteil	<p>Erhöhung des Fahrkomforts (subjektives Sicherheitsgefühl).</p> <p>Erhöhung der Verkehrssicherheit.</p> <p>Reduktion der Unfallgefahr.</p>
Nachteil	<p>Ein zusätzlicher baulicher Windschutz ist mit Mehrkosten und zusätzlichen Umweltwirkungen verbunden.</p> <p>Ähnlich wie eine Lärmschutzwand kann ein baulicher Windschutz im Einzelfall das Landschaftsbild negativ beeinflussen.</p> <p>Ein baulicher Windschutz, kann je nach Ausführungsart und Gestaltung das optische Empfinden des Verkehrsraums und die Behaglichkeit der Verkehrsteilnehmer beeinträchtigen.</p>
Querverweis	<p>Die Maßnahme ist nur an Stellen sinnvoll, an denen aufgrund der Lage der Brücke im Gelände (z.B. tiefes Tal, abrupter Übergang von geschütztem in ungeschützten Bereich etc.) eine generelle Gefahr durch Seitenwind besteht.</p> <p>Bei einem baulichen Windschutz, können konkurrierende Wirkungen innerhalb der soziokulturellen Nachhaltigkeitsqualität bestehen.</p> <p>Ein zusätzlicher baulicher Windschutz ist immer mit zusätzlichen Wirkungen in der ökologischen und der ökonomischen Qualität verbunden.</p> <p>Es bestehen Wechselwirkungen zu den Maßnahmen bezüglich der Ausführung der Brückenausstattung in hochwertiger und langlebiger Qualität sowie in wartungsfreundlicher Ausführungsart.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Im Einzelfall müssen Bedarf und technische Umsetzbarkeit anhand der gegebenen Randbedingungen ermittelt werden. Gesetzlich/normative Anforderungen (z.B. hinsichtlich der Gewährleistung der Verkehrssicherheit) sind dabei immer einzuhalten.</p> <p>Hinsichtlich der tatsächlichen Ausführung muss im Einzelfall eine Abwägung der verschiedenen teilweise konkurrierenden Wirkungen durchgeführt werden. Gestalterische Aspekte sind dabei den sicherheitsrelevanten Aspekten unterzuordnen.</p>

Maßnahme	<p>Taumittelsprühanlage</p> <p>Planung und Einbau einer Taumittelsprühanlage zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Stellen mit hohem Gefahrenpotenzial durch Glättebildung.</p>
Vorteil	<p>An besonders gefährdeten Stellen kann unmittelbar auf plötzliche Glättebildung reagiert werden, wodurch die Verkehrssicherheit erhöht wird.</p> <p>Durch die Vermeidung von Unfällen entsteht ein volkswirtschaftlicher Mehrwert.</p> <p>Durch die anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes kann die eingesetzte Taumittelmenge optimiert werden.</p>
Nachteil	<p>Durch Bau und Betrieb einer Taumittelsprühanlage entstehen Kosten (→ Lebenszykluskosten) und Umweltwirkungen.</p> <p>Für jede anlagentechnische Zusatzausstattung entsteht ein Aufwand für Wartung und Pflege.</p> <p>Jede Anwendung von Taumittel in der freien Natur beeinträchtigt die lokale Umwelt negativ.</p>
Querverweis	<p>Die Anwendung ist nur bei Bauwerken sinnvoll, bei denen eine erhöhte Gefahr durch plötzliche Glättebildung besteht.</p> <p>Dem Nutzen der erhöhten Verkehrssicherheit und der Unfallvermeidung stehen in erster Linie die negativen Wirkungen von Baukosten sowie Betriebs- und Unterhaltungskosten entgegen.</p> <p>Hinsichtlich der Beeinträchtigung der lokalen Umwelt (Boden/Wasser/Luft) kann keine klare Aussage getroffen werden. Es besteht zwar eine negative Wirkung durch die von der Taumittelsprühanlage in die Umwelt eingebrachten Taumittel, bei einem alternativen konventionellen Winterdienst mit Streufahrzeugen werden jedoch in der Regel höhere Taumittelmengen eingesetzt, da der Einsatz weniger gut auf die akute Situation abgestimmt werden kann.</p> <p>Ggf. können eine Fahrbahnbeheizung oder eine Glättemeldeanlage als Maßnahmen zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes Alternativen zur Taumittelsprühanlage darstellen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>An Stellen mit erhöhter Unfallgefahr durch plötzliche Glättebildung ist eine anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes zu empfehlen. Der Mehrwert durch erhöhte Verkehrssicherheit und Unfallvermeidung rechtfertigt in der Regel die erforderlichen Mehrkosten.</p> <p>Welche Art von Anlage vorgesehen wird (Taumittelsprühanlage, Fahrbahnbeheizung, Glättemeldeanlage etc.), muss im Einzelfall entschieden werden.</p> <p>Aus Sicht des Schutzes der lokalen Umwelt (Boden/Wasser/Luft) sollte immer geprüft werden, wie sich die Gesamtmenge des in die Umwelt eingebrachten Taumittels minimieren lässt.</p>

Maßnahme	Glättemeldeanlage Planung und Einbau einer Glättemeldeanlage zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Stellen mit hohem Gefahrenpotenzial durch Glättebildung.
Vorteil	An besonders gefährdeten Stellen kann auf plötzliche Glättebildung reagiert werden, indem die Leitstelle des betrieblichen Winterdienstes alarmiert wird. Es ist eine gezielte Gefahrenvermeidung möglich, wodurch die Verkehrssicherheit erhöht wird. Durch die Vermeidung von Unfällen entsteht ein volkswirtschaftlicher Mehrwert. Durch die anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes kann die eingesetzte Taumittelmenge optimiert werden. Die Kosten für Bau und Betrieb einer Glättemeldeanlage sind geringer als die für eine Taumittelsprühanlage oder eine Fahrbahnbeheizung.
Nachteil	Durch Bau und Betrieb einer Glättemeldeanlage entstehen Kosten (→ Lebenszykluskosten) und Umweltwirkungen. Für jede anlagentechnische Zusatzausstattung entsteht ein Aufwand für Wartung und Pflege. Im Vergleich zu einer Taumittelsprühanlage oder einer Fahrbahnbeheizung erfolgt die Gefahrenabwehr nicht unmittelbar und automatisch nach Gefahrenerkennung sondern nur indirekt durch die Alarmierung des betrieblichen Winterdienstes. Die Zeitlücke zwischen der Meldung der Gefahr und der tatsächlichen Abwehr der Gefahr lässt sich nicht durch die Anlage selbst beeinflussen.
Querverweis	Die Anwendung ist nur bei Bauwerken sinnvoll, bei denen eine erhöhte Gefahr durch plötzliche Glättebildung besteht. Dem Nutzen der erhöhten Verkehrssicherheit und der Unfallvermeidung stehen in erster Linie die negativen Wirkungen von Baukosten sowie Betriebs- und Unterhaltungskosten entgegen. Ggf. können eine Fahrbahnbeheizung oder eine Taumittelsprühanlage als Maßnahmen zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes Alternativen zur Glättemeldeanlage darstellen.
Umsetzungsempfehlung	An Stellen mit erhöhter Unfallgefahr durch plötzliche Glättebildung ist eine anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes zu empfehlen. Der Mehrwert durch erhöhte Verkehrssicherheit und Unfallvermeidung rechtfertigt in der Regel die erforderlichen Mehrkosten. Welche Art von Anlage vorgesehen wird (Taumittelsprühanlage, Fahrbahnbeheizung, Glättemeldeanlage etc.), muss im Einzelfall entschieden werden. Aus Sicht des Schutzes der lokalen Umwelt (Boden/Wasser/Luft) sollte immer geprüft werden, wie sich die Gesamtmenge des in die Umwelt eingebrachten Taumittels minimieren lässt.

Maßnahme	<p>Fahrbahnbeheizung</p> <p>Planung und Einbau einer Fahrbahnbeheizung (z.B. durch Geothermie) zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit an Stellen mit hohem Gefahrenpotenzial durch Glättebildung.</p>
Vorteil	<p>An besonders gefährdeten Stellen kann auf plötzliche Glättebildung reagiert werden, indem die Oberflächentemperatur der Brückenfahrbahn an die Oberflächentemperatur der angrenzenden Strecke angeglichen wird und eine schlagartige Abkühlung verhindert wird. Es ist eine gezielte Gefahrenvermeidung möglich, wodurch die Verkehrssicherheit erhöht wird.</p> <p>Durch die Vermeidung von Unfällen entsteht ein volkswirtschaftlicher Mehrwert.</p> <p>Durch die anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes kann die eingesetzte Taumittelmenge optimiert werden.</p> <p>Hinsichtlich der ökobilanziellen Umweltwirkungen weist die Verwendung von Geothermie als Energieträger erhebliche Vorteile gegenüber nicht erneuerbaren Energieträgern auf.</p>
Nachteil	<p>Durch Bau und Betrieb einer Fahrbahnbeheizung entstehen Kosten (→ Lebenszykluskosten) und Umweltwirkungen. Je nach Art des Energieträgers sind hier besonders die Wirkungen während der Nutzung zu beachten.</p> <p>Für jede anlagentechnische Zusatzausstattung entsteht ein Aufwand für Wartung und Pflege.</p>
Querverweis	<p>Die Anwendung ist nur bei Bauwerken sinnvoll, bei denen eine erhöhte Gefahr durch plötzliche Glättebildung besteht.</p> <p>Dem Nutzen der erhöhten Verkehrssicherheit und der Unfallvermeidung stehen in erster Linie die negativen Wirkungen von Baukosten sowie Betriebs- und Unterhaltungskosten entgegen.</p> <p>Ggf. können eine Taumittelsprühanlage oder eine Glättemeldeanlage als Maßnahmen zur Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes Alternativen zur Fahrbahnbeheizung darstellen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>An Stellen mit erhöhter Unfallgefahr durch plötzliche Glättebildung ist eine anlagentechnische Unterstützung des betrieblichen Winterdienstes zu empfehlen. Der Mehrwert durch erhöhte Verkehrssicherheit und Unfallvermeidung rechtfertigt in der Regel die erforderlichen Mehrkosten.</p> <p>Welche Art von Anlage vorgesehen wird (Taumittelsprühanlage, Fahrbahnbeheizung, Glättemeldeanlage etc.), muss im Einzelfall entschieden werden.</p> <p>Aus Sicht des Schutzes der lokalen Umwelt (Boden/Wasser/Luft) sollte immer geprüft werden, wie sich die Gesamtmenge des in die Umwelt eingebrachten Taumittels minimieren lässt.</p> <p>Aus Sicht der globalen Umweltwirkungen ist mittels einer ökobilanziellen Vergleichsbetrachtung zu prüfen, ob sich der Energiebedarf zum Betrieb der Anlage durch einen entsprechenden Mehrwert hinsichtlich der Beeinträchtigung der lokalen Umwelt (weniger Taumittel), der Verkehrssicherheit und der prognostizierten Reduzierung der volkswirtschaftlichen Folgekosten (Unfallvermeidung) rechtfertigen lässt.</p>

Maßnahme	<p>Besichtigungsgerät</p> <p>Planung und Einbau eines stationären Besichtigungsgerätes zur Unterstützung von Prüfung und Inspektion im Rahmen der regelmäßigen Bauwerksuntersuchungen.</p>
Vorteil	<p>Ein stationäres Besichtigungsgerät erlaubt es, schwer zugängliche Bereiche der Brücken im Rahmen der Bauwerksuntersuchung mit geringem Zusatzaufwand zu besichtigen</p> <p>Behinderungen auf der sekundären Verkehrsstrecke durch alternatives Aufstellen eines Hubsteigers werden vermieden.</p> <p>Bereiche, die ohne stationäres Besichtigungsgerät nur mit erheblichem Aufwand zu erreichen wären, können problemlos untersucht werden (über Gewässern, bei hohen Talbrücken etc.).</p> <p>Bei ansonsten schwer zugänglichen Bereichen unterstützt ein stationäres Besichtigungsgerät im Allgemeinen die Qualität der durchgeführten Untersuchung.</p> <p>Ein stationäres Besichtigungsgerät erhöht die Arbeitssicherheit.</p>
Nachteil	<p>Durch Bau und Betrieb eines stationären Besichtigungsgerätes entstehen Kosten (→ Lebenszykluskosten) und Umweltwirkungen.</p> <p>Für jede anlagentechnische Zusatzausstattung entsteht ein Aufwand für Wartung und Pflege.</p>
Querverweis	<p>Die Anwendung ist nur bei Bauwerken sinnvoll, bei denen es aufgrund der Größe, der Lage oder der überquerten Situation (Gewässer, hohes Tal, stark frequentierter Verkehrsweg) schwer zugängliche Bereiche gibt.</p> <p>In vielen Fällen wird es aus technischer Sicht ohnehin keine Alternative zu einem stationären Besichtigungsgerät geben.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Aus Sicht der Arbeitssicherheit ist ein stationäres Besichtigungsgerät grundsätzlich zu empfehlen.</p> <p>Bei kleineren und mittleren Brücken ist im Einzelfall zu prüfen, ob sich die Besichtigung im Rahmen der Bauwerksuntersuchung auch mit mobilen Geräten sicher und in ausreichender Ausführungsqualität durchführen lässt.</p> <p>Bei gleicher technischer Eignung sollte die Entscheidung auf Basis eines Vergleichs der Kosten für die Durchführung der regelmäßigen Bauwerksprüfungen über den gesamten Lebenszyklus betrachtet werden. Effekte der Verkehrsbehinderung durch Voll- oder Teilsperren sekundärer Verkehrsstrecken bei konventionellen Besichtigungsmethoden sind in geeigneter Weise zu berücksichtigen.</p>

Maßnahme	<p>Rückbaukonzept</p> <p>Ausarbeitung eines Rückbaukonzeptes incl. eines Konzeptes zur sortenreinen Trennung der Abbruchmassen. Das Rückbaukonzept sollte hinsichtlich der folgenden Ziele optimiert sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geringe Kosten • Minimierung der Eingriffe in die lokale Umwelt • Größtmögliche Weiter- oder Wiederverwertbarkeit der rückgebauten Baustoffe • Geringes Risiko hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit
Vorteil	<p>Durch den vollständigen Rückbau einer nicht mehr benötigten Brücke wird der Verbauung der Landschaft entgegengewirkt. Der Anteil unterbauter Landschaft wird für die kommenden Generationen nicht unnötigerweise verringert.</p> <p>Die finanziellen und technischen Risiken des Rückbaus werden durch ein gut ausgearbeitetes Konzept transparent.</p>
Nachteil	<p>Die Erstellung eines Rückbaukonzeptes ist mit Kosten verbunden (Planungskosten). Als Folge der Optimierung des Bauwerksentwurfes hinsichtlich einer leichten Rückbaubarkeit können Mehrkosten und Mehrmassen (→ Umweltwirkungen) bei der Herstellung des Bauwerks resultieren.</p>
Querverweis	<p>Es besteht eine starke Wechselwirkung zu Tragwerksplanung, Konstruktionsweise und Baustoffwahl.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Ein Rückbaukonzept sollte aus Sicht der Nachhaltigkeit immer erstellt werden. Einerseits ist der vollständige Rückbau nicht mehr benötigter Bauwerke und Anlagen an sich nachhaltig und andererseits erleichtert ein gut ausgearbeitetes Konzept die Planbarkeit des Rückbaus und die Kalkulation möglicher Risiken.</p>

Maßnahmenkatalog Tunnel

Im Folgenden sind mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeitsqualität von Tunnelbauwerken dargestellt. Die technische Anwendbarkeit und der erreichbare Grad der Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität sind für jede Maßnahme im Einzelfall anhand der projektspezifischen Randbedingungen zu prüfen. Der dargestellte Maßnahmenkatalog sollte stetig erweitert und nach aktuellem Stand der Technik angepasst und ergänzt werden.

Maßnahme	<p>Minimieren bauzeitlicher Verkehrsbeeinträchtigungen durch zusätzliche Seitenstreifen</p> <p>Für die Herstellung sowie die Instandhaltung und die Reparaturen im Lebenszyklus wird in den bestehenden Verkehrsfluss eingegriffen. Hierdurch entstehen Behinderungen (z. B. durch Fahrstreifensperrungen). Wegen der negativen Auswirkungen auf die ökologischen und ökonomischen Umweltwirkungen sollten die Verkehrsbeeinträchtigungen zur Steigerung der Nachhaltigkeit auf ein Minimum reduziert werden.</p> <p>Eine Mehrbreite im Tunnelquerschnitt durch einen zusätzlichen Seitenstreifen kann eine eingeschränkte Verkehrsführung mit einem Fahrstreifen im Wartungs- / Reparaturfall auf nur eine Fahrtrichtung begrenzen. Eine Überleitung des Verkehrs auf die Nachbarröhre mit der Folge der Beschränkung beider Fahrtrichtungen ließe sich vermeiden.</p>
Vorteil	<p>Möglichkeit zur Minimierung der ökologischen Umwelteinwirkungen im Lebenszyklus.</p> <p>Möglichkeit zur Minimierung externer Kosten infolge baubedingter Verkehrsbeeinträchtigungen.</p>
Nachteil	<p>Durch die verfolgten Maßnahmen entstehen Mehrkosten im Lebenszyklus und evtl. zusätzliche Umweltauswirkungen durch ein Mehr an Materialeinsatz.</p>
Querverweis	<p>Die Querschnittsaufweitung ist eine tendenziell gegensätzliche Strategie zur Minimierung der Tunnelquerschnitte entsprechend dem ARS 6/2000. Dort wird für die Realisierung eines Seiten- / Standstreifens eine Nutzen-Kosten-Analyse verlangt. Den direkten Mehrkosten und Umweltwirkungen bei der Herstellung stehen nur indirekte volkswirtschaftliche Kosten gegenüber.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Bei der offenen Bauweise empfiehlt es sich für den Bau des Tunnels auf eine Vollsperrung vorhandener Verkehrswege zu verzichten. Dies insbesondere, wenn keine leistungsfähigen Umleitungsmöglichkeiten in unmittelbare Nähe zur Baustelle existieren.</p> <p>Es sollte der Einsatz von Hilfsbrücken oder die Möglichkeit eines phasenweisen Tunnelbaues mit entsprechenden Verkehrsprovisorien geprüft und umgesetzt werden. Es ist immer besser, eine eingeschränkte Verkehrsführung mit einer möglichen Überlastung in Spitzenzeiten umzusetzen als eine Vollsperrung durchzuführen und allen Verkehrsteilnehmern die ganze Bauzeit über Umwege zu leiten.</p> <p>Für die späteren Instandhaltungen und Reparaturen im Lebenszyklus sollte bei hoch belasteten Richtungsverkehrs-Anlagen geprüft werden, ob ein zusätzlicher Seitenstreifen mit der möglichen Verbesserung der bauzeitlichen Verkehrsführung die Bilanz der Nachhaltigkeit verbessern kann.</p>

Maßnahme	<p>Einsatz von Sohlverankerungen für die Auftriebssicherheit zur Minimierung der Bauteildicken</p> <p>Insbesondere bei den den Tunneln vorgelagerten Trogabchnitten sind bei hohen Grundwasserständen sehr dicke Bauteilabmessungen zur Ballastierung des Bauwerkes erforderlich. Durch den Einsatz einer Sohlverankerung lassen sich die Bauteilabmessungen im Sinne der Ressourcenschonung minimieren.</p>
Vorteil	<p>Durch die geringeren Bauteilabmessungen lassen sich Ressourcen bei der Betonherstellung einsparen.</p> <p>Der geringere Baustoffbedarf verbessert die ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen.</p>
Nachteil	<p>Für die Sohlverankerung werden zusätzliche Ressourcen benötigt. Diese beeinflussen die ökobilanzabhängigen Umweltauswirkungen.</p>
Querverweis	<p>Es ergeben sich bei den ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeitskriterien konkurrierende Wirkungen.</p> <p>Gemäß ZTV-ING Teil 5, Abschnitt 2, Ziffer 7.2.2 (2) sind Auftriebsverankerungen bislang nicht zugelassen.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Insbesondere bei Trogbauwerken mit Sohlendicken, die sich allein aus der Gewährleistung der Sicherheit gegen Aufschwimmen ergeben und übliche Konstruktionsdicken überschreiten, sollte der Einsatz von Sohlverankerungen geprüft werden.</p> <p>Sohlverankerungen sind für hochliegende Dichtsohlen / Unterwasserbetonsohlen ein bewährtes Konstruktionselement für den Bauzustand. Dieses sollte für das endgültige Bauwerk ebenfalls genutzt werden. Bei bereits vorhandenen Unterwasserbetonsohlen bietet sich darüber hinaus die Verbindung des endgültigen Bauwerkes mit dem Unterwasserbeton und der Sohlverankerung an.</p>

Maßnahme	Tunnel statt Einschnitt
Vorteil	Verbesserung bzw. Erhaltung der angrenzenden Wohn- und Wohnumfeldsituation sowie der Erholungs- und Freizeitqualität.
Nachteil	Es entstehen Mehrkosten und zusätzliche Umweltauswirkungen durch den höheren Materialeinsatz.
Querverweis	Grundsätzlich ist der Leitfaden für die Planungsentscheidung Einschnitt oder Tunnel des BMVBS (BMVDI) entsprechend ARS 25/1998 für eine Entscheidungsfindung zu beachten. Die dort genannten Kriterien bilden in einem hohen Maße auch die Kriterien der Nachhaltigkeit ab. Es ergeben sich hier bei den ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeitskriterien konkurrierende Wirkungen.
Umsetzungsempfehlung	Bei allen Verkehrsstrassen durch Stadtstrukturen oder bedeutsamen Landschaftsbereichen ist zu prüfen, ob unter Berücksichtigung des Leitfadens nach ARS 25/1998 <u>und</u> einer vorgenommenen Nachhaltigkeitsbewertung ein Tunnel (Stichwort Lärmschutz-tunnel) nicht einem technisch möglichen Einschnitt vorzuziehen ist.

Maßnahme	Einbindung von Architekten / Landschaftsplanern für die Portalgestaltung
Vorteil	Durch eine harmonisch in die vorhandene Topographie eingepasste Portalgestaltung wird eine Verbesserung der sozialen / funktionalen Qualität erreicht. Bei einer möglichst dunklen Portalansicht lassen sich Beleuchtungskosten einsparen und ökologische, ökonomische sowie technische Optimierungen der Nachhaltigkeit erreichen.
Nachteil	Geringfügig höhere Planungskosten.
Querverweis	Die Anforderungen aus der Beleuchtungstechnik bezüglich der Annäherungsstrecke im Übergang an die Einsichtsstrecke gemäß RABT 2006, Ziffer 3.4, sind bei der Gestaltung zu berücksichtigen.
Umsetzungsempfehlung	Wegen der im Vergleich zum gesamten Projektvolumen geringen zusätzlichen Planungskosten sollte die Portalgestaltung bei exponierten Tunnelvorhaben einem Architekten / Landschaftsplaner in Auftrag gegeben werden.

Maßnahme	Verwendung heller Fahrbahnbeläge
Vorteil	<p>Helle Beläge senken die Beleuchtungskosten des Tunnels. Hierdurch werden die ökologische Qualität und die Lebenszykluskosten gesenkt.</p> <p>(Hinweis: Die Energiekosten werden derzeit, anders als bei den Hochbauten, nicht bei der ökonomischen Qualität im Kriterienkatalog berücksichtigt.)</p>
Nachteil	<p>Mehrkosten können für geeignete Zuschlagstoffe je nach Projektstandort entstehen.</p> <p>Bei Einsatz einer Betonfahrbahn können Mehrkosten und nachteilige ökologische Folgen entstehen.</p>
Querverweis	<p>Nach RABT 2006, Ziffer 3.4, sind vor dem Tunnel (Annäherungsstrecke) möglichst dunkle Fahrbahnbeläge zu verwenden. Im Tunnel werden aufgehellte bituminöse Beläge mit definiertem Leuchtdichtkoeffizienten gefordert.</p>
Umsetzungsempfehlung	<p>Es sollte der Einsatz von Betonfahrbahnen als Alternative zu aufgehellten Asphaltfahrbahnen im Einzelfall geprüft werden.</p> <p>Anhand eines Vergleiches der Nachhaltigkeitsbewertungen „Schwarze / weiße“ Fahrbahn ist abschließend zu entscheiden, ob Mehrkosten in Kauf genommen werden.</p>

Maßnahme	Optimieren der Robustheit durch Zusatzmaßnahmen Optimieren der Konstruktion durch eine Bemessung für eine verlängerte Vollbrandphase oder durch die Zugabe von Polypropylen-Fasern zur Vermeidung von Betonabplatzungen. Definieren von Explosionsszenarien für eine Bemessung.
Vorteil	Durch die Bemessung für eine verlängerte Vollbrandphase sowie die PP-Faserzugabe werden der Bauwerksschutz und die Verfügbarkeit nach dem Brandfall erhöht. Mittelbar wird auch der Personenschutz verbessert. Die Tunnelbemessung für definierte Explosionsereignisse erhöht die Verfügbarkeit des Bauwerks. Durch eine geringere Bauwerksschädigung verringern sich die reparaturbedingten Verkehrsbeeinträchtigungen und die Instandsetzung. Es verbessert sich hieraus die ökonomische Qualität.
Nachteil	Die Maßnahmen führen zu Mehrkosten und zusätzliche Umweltauswirkungen durch den höheren Materialeinsatz. Diese beeinflussen die ökologische und ökonomische Qualität.
Querverweis	Entsprechend ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1, Ziffer 10.2 (2), ist bei einer Gefahr des totalen Bauwerksversagens eine verlängerte Vollbrandphase von 55 Minuten bei der Bemessung zu berücksichtigen. Nach dem Hinweis vom 30.3.2012 zur ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1 (6), sind der Tunnelinnenschale grundsätzlich Polypropylen-Fasern zuzugeben.
Umsetzungsempfehlung	Neben den in den ZTV-ING dargestellten Fällen sollte bei stark frequentierten Tunnelbauwerken geprüft werden, ob eine Robustheitssteigerung (Bemessung verlängerte Vollbrandphase, Explosionsbemessung) ökobilanzierte Vorteile bringt. Diese entstehen vornehmlich durch vermiedene Staukosten und geringere Reparaturaufwendungen.

Maßnahme	Verzicht auf Bergwasserdrainagen Durch den Verzicht auf die sehr unterhaltungsaufwändige Bergwasserdrainage lässt sich die technische Qualität optimieren.
Vorteil	Durch den Entfall der Bergwasserdrainagen lassen sich die fast doppelt so hohen Unterhaltungsaufwendungen gegenüber einem Tunnel ohne Bergwasserdrainagen einsparen.
Nachteil	Bei Verzicht auf die Bergwasserdrainage muss die Tunnelschale für den entstehenden Gebirgswasserdruck bemessen werden. Durch den gesteigerten Materialeinsatz ergeben sich ökologische und ökonomische Folgen bei der Nachhaltigkeitsbewertung.
Querverweis	Hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.
Umsetzungsempfehlung	Bei bergmännisch hergestellten Tunneln sollte im Einzelfall geprüft werden, ob eine Lösung ohne Bergwasserdrainage die unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten vorteilhaftere Lösung darstellt.

Maßnahme	Anti-Graffiti-Beschichtung Aufbringen einer Anti-Graffiti-Beschichtung auf Wand- und sonstige erreichbare Flächen wie z.B. Portalgewände / -kragen
Vorteil	Die Beschichtung erleichtert das Entfernen von Graffiti und spart Wartungs-/ Instandhaltungsaufwendungen.
Nachteil	Durch den Materialeinsatz ergeben sich Mehrkosten. Es ergeben sich ökologische und ökonomische Folgen bei der Nachhaltigkeitsbewertung.
Querverweis	Nach der RABT 2006, Ziffer 3.4, sind die Tunnelwände bis zu einer Höhe von 3 m hell zu gestalten. Eine Kombination mit einer Anti-Graffiti-Beschichtung ist möglich.
Umsetzungsempfehlung	Die Anti-Graffiti-Prophylaxe sollte grundsätzlich bei allen erreichbaren Flächen durchgeführt werden. Bei den Tunnelwänden ist eine Kombination mit der im Regelfall vorgenommenen Wandbeschichtung vorzusehen.

Maßnahme	Dauerhafte Lärmschutzoberflächen Die Flächen, die von der Fahrbahn aus erreichbar sind, sollten dauerhaft abriebfest und maschinell leicht zu reinigen sein. Die nicht vor der Fahrbahn aus erreichbaren, im Vorfeld der Tunnel liegenden Flächen, sollten dauerhaft und begrünbar / begrünt sein.
Vorteil	Durch die Wahl entsprechender Lärmschutz-Oberflächen wird die konstruktive Qualität bzw. Dauerhaftigkeit gesteigert. Die Unterhaltungskosten werden gesenkt.
Nachteil	Höherwertige Wandoberflächen können mit höhere Herstellungskosten verbunden sein.
Querverweis	Hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und konstruktiven Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.
Umsetzungsempfehlung	Bei der Wahl des Lärmschutzes sollte im Einzelfall geprüft werden, ob die höherwertige Oberflächenqualität, insgesamt betrachtet, eine höhere Nachhaltigkeit inkludiert.

Maßnahme	Solarenergie für die Tunnelbeleuchtung Der höchste Strombedarf für die Beleuchtung ist an sonnigen Tagen erforderlich. Gleichzeitig lässt sich an diesen Tagen die größte Menge solarer Energie erzeugen.
Vorteil	Die Energiekosten lassen sich senken. Es ergeben sich ökologische und ökonomische Vorteile, da ca. 40 – 50 % der Betriebskosten eines Tunnels für Energie aufgebracht werden müssen. (Hinweis: Die Energiekosten werden derzeit, anders als bei den Hochbauten, nicht bei der ökonomischen Qualität im Kriterienkatalog berücksichtigt.)
Nachteil	Die Solaranlagen verursachen zusätzliche Investitionskosten. Die Anlage kann mit höheren ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen verbunden sein.
Querverweis	Hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und konstruktiven Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.
Umsetzungsempfehlung	Der Einsatz der Solarenergie bei Tunnelanlagen sollte geprüft werden. Die Einsparungen der Energiekosten sind außerhalb der Nachhaltigkeitsbewertung (solange dieses Kriterium nicht implementiert ist) zu bilanzieren und in die Entscheidungsfindung einzubeziehen.

Maßnahme	LED-Tunnelbeleuchtung
Vorteil	LED-Leuchtmittel benötigen weniger Strom und sparen Betriebskosten. Sie stellen die erwartete zukünftige Standardlösung dar. Die ökonomische Bilanz wird positiv beeinflusst.
Nachteil	Derzeit bestehen noch keine signifikanten Unterschiede zu den bisher eingesetzten Natriumdampf-Hochdrucklampen. Die LED-Technik kann mit höheren ökobilanzabhängigen Umweltwirkungen verbunden sein.
Querverweis	Hinsichtlich der ökologischen, ökonomischen und konstruktiven Qualität bestehen konkurrierende Wirkungen.
Umsetzungsempfehlung	Der Einsatz der LED-Beleuchtung sollte bei zukünftigen Projekten grundsätzlich geprüft werden. Sich ergebende Einsparungen bei den Energiekosten sind außerhalb der Nachhaltigkeitsbewertung (solange dieses Kriterium nicht implementiert ist) zu bilanzieren und in die Entscheidungsfindung einzubeziehen.

B4 Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung

Inhalte außerhalb des Projektes

B5 Abnahme des Bauwerkes

Inhalte außerhalb des Projektes

Teil C: Nachhaltigkeit in Betrieb und Erhaltung

C1 Strecke

Inhalte außerhalb des Projektes

C2 Knotenpunkt

Inhalte außerhalb des Projektes

C3 Brücke

Inhalte außerhalb des Projektes

C4 Tunnel

Inhalte außerhalb des Projektes

Teil D: Rückbau

D1 Allgemeines

Inhalte außerhalb des Projektes

D2 Strecke

Inhalte außerhalb des Projektes

D3 Brücken

Inhalte außerhalb des Projektes

D4 Tunnel

Inhalte außerhalb des Projektes

Anhang

Glossar

ABIOTISCHER RESSOURCENVERBRAUCH: Wirkungskategorie, die die Reduktion des globalen Bestandes an Rohstoffen, resultierend aus der Entnahme nicht erneuerbarer und nicht belebter (=abiotischer) Ressourcen, z. B. mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger, beschreibt

BENCHMARK: Maßstab für einen Leistungsvergleich in mehreren verschiedenen Disziplinen

BETRACHTUNGSZEITRAUM: Zeitraum, der im Rahmen einer Auswertung als Bezugszeitraum angesetzt wird

DISKONTIERUNG: Abzinsung; diese Methode der Zinseszinsrechnung dient der Ermittlung des Anfangskapitals (wenn Endkapital, Zinssatz und Laufzeit bekannt sind)

ENDENERGIE: die dem Endnutzer zur Verfügung stehende Energiemenge (z. B. Strom), die sich aus der Nutzenergie (die vom Endnutzer benötigte Energie, z. B. Prozesswärme) zuzüglich Verlusten bei Umwandlung, Verteilung und Übergabe ergibt

LEBENSZYKLUS: nach DIN 14040 aufeinander folgende und miteinander verbundene Stufen eines Produktsystems (Zusammenstellung von Prozessmodulen) von der Rohstoffgewinnung oder Rohstoffherzeugung bis zur endgültigen Beseitigung

NUTZUNGSDAUER: nach DIN 18960 Übergabe- und Optimierungsphase, Betriebsphase, Modernisierungsphase und Rückgabephase bis zum Beginn der Beseitigungsphase

PRIMÄRENERGIE Energiemenge, die zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entsteht

QUALITÄTSSICHERUNG: Bezeichnung für die organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Gewährleistung einer den vorgegebenen Anforderungen entsprechenden Konzept- und Ausführungsqualität. Qualitätssicherung umfasst die Qualitätsplanung (Auswahl der Qualitätsmerkmale für ein Produkt), Qualitätssteuerung (Vorgabe der geplanten Ausführungsanforderungen sowie deren Überwachung und eventuelle Korrektur) und Qualitätskontrolle.

STOFFSTROM: nach VDI 4091 eine durch Gewinnung, Verarbeitung, Ge-/Verbrauch und Entsorgung (Verwertung/Beseitigung) von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Energie, Produkten und Abfällen hervorgerufene Stoff- und Materialbewegung von einem Ort A zu einem Ort B

Quellenverzeichnis

Inhalte außerhalb des Projektes

Impressum

Inhalte außerhalb des Projektes