Bewertungsverfahren zur Aufstellung des 7. Ausbauplans für die Staatsstraßen in Bayern
Teil: Nutzen-Kosten-Analyse (NKA)

Aachen, September 2011

Im Auftrag der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern

Hellebrandt & Saeid Mahmoudi GbR

Roermonder Str. 557
52072 Aachen
Fon: +49 (0) 241 / 60 84 6-0
Fax: +49 (0) 241 / 60 84 6-10
E-Mail: info@muveda.de
http://www.muveda.de

AVISO GmbH

Am Hasselholz 15
52074 Aachen
Fon: +49 (0) 241 / 470358-0
Fax: +49 (0) 241 / 470358-9
E-Mail: info@avisogmbh.de
http://www.avisogmbh.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
2 Ziele und Inhalte des Bewertungsverfahrens 2
2.1 Ziele 2
2.2 Bewertungskomponenten 4
2.2.1 Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) 4
2.2.2 Umweltrisikoeinschätzung (URE) 5
2.2.3 Raumwirksamkeitsanalyse (RWA) 5
3 Grundlagen der Nutzen-Kosten-Analyse 6
3.1 Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS 1997) 7
3.2 Bewertungsverfahren Bundesverkehrwegeplan 2003 (BVWP 2003) 7
3.3 Bewertungsverfahren des 6. Ausbauplans für die Staatsstraßen in Bayern (BASB 2000) 8
3.4 Überprüfung der Modelle mittels Erfolgskontrolle durch realisierte Projekte 8
3.5 Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen in Bayern 9
4 Beschreibung der Bewertungskriterien 10
5 Bewertungsablauf und Eingangsdaten 15
5.1 Projektdaten 16
5.1.1 Projektmeldung 16
5.1.2 Projekttyp 16
5.2 Projektübergreifende Daten 17
5.3 Netzmodell 18
5.3.1 Netzabgrenzung und Abschnittseinteilung 18
5.3.2 Streckentypisierung 18
5.3.3 Stadtmodellbausteine 21
5.4 Verkehrsablauf 22
5.4.1 Verkehrsstärke 22
5.4.2 Kapazität 24
5.4.3 Geschwindigkeit 25
5.5 Datensätze zur Wirkungsermittlung 37
5.5.1 Datenkatalog zur Projektbewertung 37
5.5.2 Fahrzeuge 41

5.6 Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses 44
6 Bestimmung der Nutzen- und Kostenkomponenten 46
6.1 Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten (NW_1, NW_2) 46
6.1.1 Veränderung der Erneuerungskosten (NW_1) 46
6.1.2 Veränderung der Unterhaltungskosten (NW_2) 49
6.2 Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit 51
6.2.1 Veränderung der Fahrzeugvorhaltungskosten (NB_1) 51
6.2.2 Veränderung der Betriebsführungskosten (NB_2) 52
6.2.3 Veränderung der Erreichbarkeit (NE) 53
6.2.4 Veränderung der Verkehrssicherheit (NS) 54
6.3 Umwelt und Raumnutzung 66
6.3.1 Veränderung der Geräuschbelastung (NU_1) 66
6.3.2 Veränderung der Schadstoff- und Klimagasemissionen (NU_2) 72
6.3.3 Veränderung der Trennwirkungen (NU_3) 81
6.3.4 Veränderung der Flächenverfügbarkeit (NF) 83
6.3.5 Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten (NU_5) 84
6.3.6 Förderung des Radverkehrs (NU_6) 85
6.3.7 Erhaltung der Artenvielfalt (NA) 86
6.4 Raumordnung und Entwicklung 87
6.4.1 Beiträge zur Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung aus demBau von Verkehrswegen (NR_1) 87
6.4.2 Beiträge zur Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung aus dem Betrieb von Verkehrswegen (NR_2) 89
6.4.3 Förderung des internationalen Informations- und Leistungsaustauschs (NR_4) ... 90
6.4.4 Raumordnungsaspekte auf kommunaler und regionaler Ebene (NR_k) 91
6.4.5 Veränderung des Erholungs- und Freizeitwerts (NFw) 93
6.5 Ermittlung der Projektkosten 94
7 Besondere Projektarten 98
7.1 Beseitigung schienengleicher Bahnübergänge 98
7.2 Erneuerungsmaßnahmen an Brückenbauwerken und Berücksichtigung von Höhenbeschränkungen 102

Literatur 104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Zuschlag zur Kurvigkeit bei Überholverboten nach HBS 21

Tabelle 5-2: Repräsentativwerte für Steigung und Kurvigkeit 21

Tabelle 5-3: Definition der Stadtmodellbausteine 22

Tabelle 5-4: Fahrzweckgruppen, zugehörige Zeitintervalle und k-Faktoren 25

Tabelle 5-5: Streckentypen auf planfreien zweibahnigen Straßen 28

Tabelle 5-6: Parameter der Q-V-Funktionen 2, 3 und 4 29

Tabelle 5-7: Streckentypen auf plangleichen Außerortsstraßen 30

Tabelle 5-8: Minderung der Pkw-Geschwindigkeiten auf schmalen Landstraßen 31

Tabelle 5-9: Parameter der Q-V-Funktionen für plangleiche Außerortsstraßen 32

Tabelle 5-10: Parameter der Q-V-Funktionen für Landstraßentunnel 33

Tabelle 5-11: Streckentypen igo 35

Tabelle 5-12: Parameter der Q-V-Funktionen igo 36

Tabelle 5-13: Schwerverkehr-Äquivalenzfaktoren 37

Tabelle 5-14: Datenkatalog zur Projektbewertung (Teil 1) 39

Tabelle 5-15: Prozentuale Fahrleistungen der FZ-Gruppen PO, PD und LN 41

Tabelle 5-16: Prozentuale Fahrleistungen der FZ-Gruppen RB, LB, LS, ZL und ZS 42

Tabelle 5-17: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Pkw 43

Tabelle 5-18: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Transportfahrzeuge 43

Tabelle 5-19: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Kraftomnibusse 44

Tabelle 5-20: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Last- und Sattelzüge 44

Tabelle 6-1: Eingesparte Erneuerungskosten (ohne MwSt.) bei Ausbauprojekten 47

Tabelle 6-2: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren für Erhaltungsmaßnahmen 49

Tabelle 6-3: Gesamtkosten Betriebsdienst nach Regierungsbezirken 50

Tabelle 6-4: Straßentypen und Unfallkennwerte ago 56

Tabelle 6-5: Straßentypen und Unfallkennwerte igo 57

Tabelle 6-6: Personenschadenskosten im Jahr 2004 58

Tabelle 6-7: Mittlere Sachschadenskosten bei Unfällen mit Personenschaden 58

Tabelle 6-8: Lokal angepasste Unfallschwere nach Staatlichen Bauämtern 60

Tabelle 6-9: Angepasste Unfallraten [U/(10^6 Fz-km)] nach Straßenkategorien 61

Tabelle 6-10: Lokal angepasste Unfallschwere und Unfallrate für BAB 61

Tabelle 6-11: Radverkehrsunfälle ohne kreisfreie Städte igo 2005 - 2007 65

Tabelle 6-12: Radverkehr: Fahrleistungen und Unfallzahlen auf Staatsstraßen igo 65

Tabelle 6-13: Koeffizient b zur Berechnung des Mittelungspegels 67

Tabelle 6-14: Pegelminderung nach Stadtmodellbaustein und Gebäudereihe 68

Tabelle 6-15: Zuordnung der Stadtmodellsteine zu den Streckentypen nach BVWP 69

Tabelle 6-16: Stadtmodellbausteinzuordnung für den Streckentyp 47xx nach StBA 70

Tabelle 6-17 Stadtmodellbausteinzuordnung für den Streckentyp 48xx nach StBA 71

Tabelle 6-18: Kostensätze zur Bewertung von Schadstoff- und Klimagasemissionen 73

Tabelle 6-19: Koeffizienten der Emissionsfunktionen nach Gl. 6-7 (ago) 75

Tabelle 6-20: Koeffizienten der Emissionsfunktionen nach Gl. 6-7 (igo) 76

Tabelle 6-21: Koeffizienten zur Berechnung der Längsneigungsabhängigkeit 77

Tabelle 6-22: Koeffizienten der Emissionsfunktionen PM_{10} nach Gl. 6-10 (igo) 79

Tabelle 6-23: Mittlere Dichten von Otto- und Dieselkraftstoff 80

Tabelle 6-24: Regionale Differenzierungsfaktoren nach BVWP 2003 (NR_1) 88

Tabelle 6-25: Differenzierungsfaktor p in Abhängigkeit von ROP 90

Tabelle 6-26: Komponenten des regionalen Differenzierungsfaktors 93

Tabelle 6-27: Richtwerte für Abschreibungszeiträume und Annuitätenfaktoren 96

Tabelle 6-28: Pauschale Ausgabenverteilung mit Abschreibungszeiträumen 97

Tabelle 7-1: Anteil des betroffenen Schwerverkehrs bei fehlender Tragfähigkeit von Brückenbauwerken sowie bei Höhenbeschränkungen im Straßenverlauf 103

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1: Ablauf der gesamtwirtschaftlichen Bewertung 15

Abbildung 5-2: Streckentypisierung hinsichtlich baulicher und betrieblicher Merkmale 19

Abbildung 6-1: Baupreisindex Bauleistungen am Bauwerk, Quelle: Stat. Bundesamt 95

Abkürzungsverzeichnis

Allgemein:

ABD	Autobahndirektion
ABDNB	Autobahndirektion Nordbayern
ABDSB	Autobahndirektion Südbayern
ago	außerhalb geschlossener Ortschaften
AKS	Anweisung zur Kostenberechnung für Straßenbauvorhaben
BAB	Bundesautobahn
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BAYSIS	Bayerisches Straßeninformationssystem
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung
BVWP	Bundesverkehrswegeplanung
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
EWS	Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen von Straßen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FS	Fahrstreifen je Richtung
GW	Gebrauchswert
igo	innerhalb geschlossener Ortschaften
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KU	Kurvigkeit
KVP	Kreisverkehrsplatz
LZA	Lichtzeichenanlage
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
OBB	Oberste Baubehörde
pl	Planfall
Q-V-Funktion	Mengen-Geschwindigkeits-Funktion
RAA	Richtlinie für die Anlage von Autobahnen
RAL	Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (geplant)
RAS-Q	Richtlinie für die Anlage von Straßen; Teil: Querschnitte

RASt	Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen
RAS-W	Richtlinie f. d. Anlage von Straßen; Teil: Wirtschaftlichkeits-berechnungen
RiStWaG	Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasser-schutzgebieten
RQ	Regelquerschnitt
RVA	Radverkehrsanlage
RWA	Raumwirksamkeitsanalyse
SBA	Statistisches Bundesamt
StBA	Staatliches Bauamt
SVZ	Straßenverkehrszählung
SWB	Substanzwert Bestand
SWO	Substanzwert Oberfläche
URE	Umweltrisikoeinschätzung
vg	Vergleichsfall
ZEB	Zustandserfassung und -bewertung
zul. GM	zulässige Gesamtmasse
ZVS	Zentralstelle für Verkehrssicherheit

Fahrzeuggruppen

LB	Linienbusse
LN	leichte Nutzfahrzeuge (zul. GG < 3,5t)
LS	schwere Lkw
P	Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (PO+PD+LN)
PD	Pkw mit Dieselmotor
PO	Pkw mit Ottomotor
RB	Reisebusse
sNoB	schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse (LS+ZL+ZS)
SV	Schwerverkehr (LB+RB+LS+ZL+ZS)
ZL	Lastzüge
ZS	Sattelzüge

Luftschadstoffe

CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
NMVOC	nicht-Methan VOC (VOC: siehe unten)
NO	Stickstoffoxid
NO_2	Stickstoffdioxid
NO_x	Stickoxide ($NO+NO_2$)
OGD	organische Gase und Dämpfe (Kohlenwasserstoffe)
PM	partikuläre Materie
PM_{10}	Feinstaub, Teilchen mit dynamischem Durchmesser < 10µm
$PM_{2,5}$	Teilchen mit dynamischem Durchmesser < 2,5µm
SO_2	Schwefeldioxid
VOC	volatile organic compounds (=OGD)

Nutzenkomponenten

K	Kosten
NA	Erhaltung der Artenvielfalt
NB_1	Veränderung der Fahrzeugvorhaltungskosten
NB_2	Veränderung der Betriebskosten
NE	Veränderung der Erreichbarkeit
NF	Veränderung der Flächenverfügbarkeit
NF_w	Veränderung des Erholungs- und Freizeitwertes
NL	Veränderung des Landschaftsbildes
NR_1	Arbeitsplätze aufgrund von Verkehrswegebau
NR_2	Arbeitsplätze aus dem Betrieb von Verkehrswegen
NR_4	Förderung des internationalen Informations- und Leistungsaustauschs
NS	Veränderung der Verkehrssicherheit
NU_1	Veränderung der Geräuschbelastung
NU_2	Veränderungen der Schadstoffbelastungen und der Klimagase
NU_3	Veränderung der Trennwirkungen
NU_5	Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten

NU_6	Förderung des Radverkehrs
NW	Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten

Unfallkennwerte

LV	Anzahl leicht verletzter Personen
SV	Anzahl schwer verletzter Personen
T	Anzahl getöteter Personen
U	Anzahl Unfälle
UK	Unfallkosten
UKD	Unfallkostendichte
UKR	Unfallkostenrate
UR	Unfallraten
WU	Unfallschwere, Unfallkostensatz

1 Einleitung

Der Freistaat Bayern ist der Baulastträger für die rund 13.600 km Staatsstraßen im Landesgebiet. Zu den Aufgaben der Baulast zählt neben der Erhaltung auch der Neu-, Um- und Ausbau der Staatsstraßen. Grundlage für den Neu- und Ausbau der Staatsstraßen ist der Ausbauplan für die Staatsstraßen. Dieser wurde 1970 erstmals aufgestellt und seitdem regelmäßig fortgeschrieben. Der Ausbauplan stellt die Ausbauziele im Staatsstraßenbau maßnahmenbezogen dar, hat aber – im Gegensatz zum Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen – keine Gesetzeskraft.

Der bislang geltende 6. Ausbauplan wurde 1999/2000 aufgestellt und trat zum 01.01.2001 in Kraft. Der Ministerrat hat in seiner Sitzung vom 04.09.2007 beschlossen, den 6. Ausbauplan für die Staatsstraßen in Bayern zum Ablauf der 1. Dringlichkeit im Jahr 2010 fortzuschreiben und einen aktualisierten 7. Ausbauplan aufzustellen.

Um die Bauwürdigkeit der erwogenen Projekte beurteilen zu können und eine Dringlichkeitsreihung der Projekte nach objektiven und bayernweit einheitlichen Kriterien zu erreichen, erfolgte die Aufstellung des 6. Ausbauplans auf Grundlage eines gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahrens. Den Kern des Verfahrens bildete eine Nutzen-Kosten-Analyse, mittels der die Bauwürdigkeit der Verkehrswegeinvestitionen beurteilt werden konnte. Als einheitlicher, vergleichbarer Bewertungsmaßstab diente das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV).

Aufgrund der positiven Erfahrungen, der erfolgreichen Anwendung und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde entschieden, dieses bestehende bayerische Bewertungsverfahren grundsätzlich wieder bei der Fortschreibung des 6. Ausbauplans und Aufstellung des 7. Ausbauplans einzusetzen. Allerdings wurde das Verfahren im Vorfeld an den aktuellen Wissens- und Entwicklungsstand angepasst.

Im Folgenden wird das für die Fortschreibung des 6. Ausbauplans und der Aufstellung des 7. Ausbauplans angewandte gesamtwirtschaftliche Bewertungsverfahren beschrieben und vertieft auf die Nutzen-Kosten-Analyse eingegangen.

2 Ziele und Inhalte des Bewertungsverfahrens

2.1 Ziele

Der Freistaat Bayern verfügt mit rund 13.600 km über das größte Landesstraßennetz in der Bundesrepublik Deutschland. Der Erhalt und die Verbesserung der Staatsstraßen erfordert eine systematische Planung. Zur Fortschreibung des 6. Ausbauplans für die Staatsstraßen wird ein Bewertungsverfahren verwendet, das eine Beurteilung der Bauwürdigkeit und eine Einstufung der Dringlichkeit von Straßenbauprojekten leisten kann. Dabei soll der volkswirtschaftliche Nutzen maximiert werden und politische Rahmenbedingungen, wie z. B. im Landesentwicklungsprogramm (LEP) Bayern 2006 /STMWIVT 2006/ formuliert, berücksichtigt werden.

Durch den Ausbauplan für die Staatsstraßen wird das übergeordnete Ziel verfolgt, die Investitionen zum Ausbau der Staatsstraßen so zu steuern, dass ein möglichst großer Beitrag zur Wohlfahrt der Bevölkerung erzielt wird. Da Straßenbauvorhaben in aller Regel sowohl Vorteile wie auch Nachteile verursachen, kommt es darauf an, einen möglichst hohen Überschuss der positiven Wirkungen über die negativen Wirkungen und die Projektkosten zu erzielen.

Der Bewertung liegen dabei die folgenden konkreten Ziele zugrunde:

Raumplanung

Das Raumordnungsgesetz (ROG) und das Bayerische Landesplanungsgesetz (BayLplG) fordern – gestützt auf das Gebot zur Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse in allen Landesteilen – Standortvoraussetzungen für die wirtschaftliche Entwicklung zu schaffen, eine gute Erreichbarkeit aller Teilräume untereinander sicherzustellen und die Infrastruktur zur Verbesserung der Standortbedingungen auszubauen. Eine verbesserte Verkehrsanbindung kann einen positiven Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung in einem Raum leisten. Ein Ziel der Ausbauplanung ist deshalb die Verbesserung der Erreichbarkeit und damit der Standortbedingungen der Teilräume. Dies gilt insbesondere für diejenigen Räume, in denen die Lebensverhältnisse in ihrer Gesamtheit im Verhältnis zum Durchschnitt zurückgeblieben sind („Strukturschwache Räume“).

Ausbauzustand

Vorrangiges Ziel der Ausbauplanung ist, den aktuellen Ausbauzustand des Staatsstraßennetzes systematisch zu verbessern und dabei dem Ausbau bestehender Straßenzüge klaren Vorrang gegenüber der Anlage von Neutrassierungen einzuräumen. Die zukünftig entstehenden Kosten zur Instandsetzung der Straße werden den Investitionskosten der geplanten

Maßnahme gegenübergestellt. Instandsetzungs- und Erneuerungskosten, die für die Ausbaumaßnahme im Planfall nicht auftreten, werden als Projektnutzen verbucht.

Verkehrsablauf

Die Verbesserung der Straßenqualität steht in direkter Verbindung mit einer Verbesserung des Verkehrsablaufs. Durch Einsparung von Zeitkosten im gewerblichen Verkehr sowie eine Verbesserung der Erreichbarkeit für den Privatverkehr entstehen erhebliche volkswirtschaftliche Nutzen. Ebenso werden Kosten für den Fahrzeugbetrieb eingespart, insbesondere für den Kraftstoffverbrauch.

Verkehrssicherheit

Auswertungen des Verkehrs- und Unfallgeschehens auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Bayern /OBB 2005/ haben gezeigt, dass auf Staatsstraßen sowohl das Unfallrisiko wie auch das Risiko, bei einem Unfall tödlich zu verunglücken, überproportional hoch sind. Auch wenn neue oder neu ausgebaute Strecken nicht per se sicherer sind als Bestandsstrecken, so ist doch zu erwarten, dass Defizite schneller behoben werden können /ABDSB 2006/, /BÖHM; SPAHN 2008/. Damit kann durch den Ausbau langfristig ein Sicherheitsgewinn erzielt werden.

Umweltschutz und Gesundheit

Der ständig wachsende Anspruch einer auch ökologisch vertretbaren Verkehrsplanung wird im Landesentwicklungsprogramm der bayerischen Staatsregierung unterstrichen. Im Rahmen der Planung von Verkehrswegeinvestitionen bedeutet das, die negativen Auswirkungen des Verkehrs auf Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen und auf die Natur durch Lärmemissionen, Emissionen von Schadstoffen und Klimagasen zu minimieren. Berücksichtigt werden Einschränkungen im Wohnkomfort sowie Gesundheits-, Vegetations- und Gebäudeschäden. Ebenfalls Berücksichtigung findet die Verbesserungen für Trinkwasservorkommen und die vorgesehene Flächeninanspruchnahme durch das Straßenbauprojekt.

Wohnqualität, Erholungs- und Freizeitwert

Insbesondere durch den Bau von Ortsumgehungsstraßen kann die Wohnqualität in den Ortskernen erheblich verbessert und die Attraktivität der Innenstädte erhöht werden. Die Luftqualität wird besser und die Lärmemissionen nehmen ab. Durch Rückbau von Ortsdurchgangsstraßen werden Flächen zum Bau von Fußgänger- und Radwegen verfügbar und die Trennwirkungen der Straßen für den nicht-motorisierten Verkehr verringert. In Urlaubsregionen nimmt dadurch auch der Erholungs- und Freizeitwert zu.

Förderung des Radverkehrs

Nur ein geringer Teil des bayerischen Staatsstraßennetzes ist mit Radwegen ausgestattet. Der Ausbau des Radwegenetzes ist erklärtes Ziel im LEP 2006 /STMWIVT 2006/ und wird durch das Programm für den nachträglichen Anbau von Radwegen an Staatsstraßen /OBB 2009a/ der Obersten Baubehörde konkretisiert.

2.2 Bewertungskomponenten

2.2.1 Nutzen-Kosten-Analyse (NKA)

Die Kernkomponente des Bewertungsverfahrens ist die **Nutzen-Kosten-Analyse (NKA)**. Bei der Nutzen-Kosten-Analyse handelt es sich um ein formalisiertes Verfahren zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen. Durch den Ausbauplan für die Staatsstraßen wird das übergeordnete Ziel verfolgt, die Investitionen zum Ausbau der Staatsstraßen so zu steuern, dass ein möglichst großer Beitrag zur Wohlfahrt der Bevölkerung erzielt wird. Da Straßenbauvorhaben in aller Regel sowohl Vorteile als auch Nachteile verursachen, kommt es darauf an, einen möglichst hohen Überschuss der positiven Wirkungen über die negativen Wirkungen und die Projektkosten zu erzielen. Die Nutzen-Kosten-Analyse ermöglicht diese Betrachtung. Bei der Nutzen-Kosten-Analyse werden die durch das betrachtete Straßenbauprojekt hervorgerufenen Wirkungen (Projektnutzen) im Vergleich der Fälle ohne bzw. mit Projekt in Form von Geldbeträgen ermittelt und dem Investitionsmittelbedarf für das Projekt (Projektkosten) gegenübergestellt. Mit der Bildung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses (NKV) wird das Bewertungsergebnis auf einen Zahlenwert reduziert. Das NKV ermöglicht somit eine Abschätzung, welcher Nutzen mit den Straßenbauinvestitionen zu erwarten ist. Dabei gelten Projekte ab einem NKV von 1,0 volkswirtschaftlich betrachtet grundsätzlich als bauwürdig. Je höher das NKV desto größer ist der Überschuss der positiven Wirkungen. Der Vergleich mehrerer Projekte über das NKV erlaubt damit auch eine Dringlichkeitsreihung dieser Projekte.

Durch die Anwendung der Nutzen-Kosten-Analyse wird auch den Forderungen aus dem Haushaltsgrundsätzegesetz (HGrG) und der Bayerischen Haushaltsordnung (BayHO), nachdem für geeignete Maßnahmen (von erheblicher finanzieller Bedeutung) Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bzw. Nutzen-Kosten-Untersuchungen durchzuführen sind, Rechnung getragen.

Allerdings lassen sich nicht alle Projektwirkungen in monetären Größen darstellen. Deshalb umfasst das Bewertungsverfahren – in Anlehnung an das Verfahren des Bundes bei der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplanes – als weitere Komponenten eine Umweltrisikoeinschätzung (URE) und eine Raumwirksamkeitsanalyse (RWA).

2.2.2 Umweltrisikoeinschätzung (URE)

Das Umweltrisiko des Projektraums sowie die Flächenversiegelung durch das Projekt werden in der Umweltrisikoeinschätzung (URE) außerhalb der Nutzen-Kosten-Analyse betrachtet. Die URE dient zur Berücksichtigung der naturschutzfachlichen Belange bei umweltkritischen Projekten. Dazu wird in einer Raumanalyse das Umweltrisiko für den Projektraum ermittelt. Je nach Höhe des Umweltrisikos sind beispielsweise der naturschutzfachliche Vermeidungs- und Kompensationsaufwand des Projektes zu erhöhen oder umweltgerechtere Varianten zu untersuchen. Neben dem Umweltrisiko für den Projektraum fließt auch die voraussichtliche Flächenversiegelung durch das Projekt in die Betrachtung der URE ein. Je höher das Umweltrisiko des Projektraums und je höher die Flächenversiegelung pro Kilometer, desto umweltkritischer ist das Projekt.

2.2.3 Raumwirksamkeitsanalyse (RWA)

Im Rahmen der RWA sollen raumordnerisch bedeutsame Projekte identifiziert werden. Ziel ist die Verbesserung der Erreichbarkeit und damit der Standortbedingungen der Teilräume, insbesondere der strukturschwachen Räume. Die raumordnerische Relevanz eines Projektes (= Ergebnis der RWA) ist dabei abhängig von der Verbindungsfunktionsstufe der Straße (d.h. welche Zentralen Orte mit der Straße verbunden werden) und der Strukturstärke des Raums, in dem sich das Projekt befindet. Je höher die Verbindungsfunktionsstufe einer Straße und je strukturschwächer ein Raum ist, desto höher ist die raumordnerische Relevanz des Projektes.

Die Methodik von URE und RWA sind in eigenen Methodikberichten beschrieben. Die Nutzen-Kosten-Analyse wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Analyse, der Umweltrisikoeinschätzung und der Raumwirksamkeitsanalyse bilden die Grundlage für die Aufstellung der Dringlichkeitsreihung des 7. Ausbauplans für die Staatsstraßen.

3 Grundlagen der Nutzen-Kosten-Analyse

Bei der Aufstellung des 6. Ausbauplans in den Jahren 1999/2000 wurde ein gesamtwirtschaftliches Bewertungsverfahren eingesetzt, das im Wesentlichen aus einer Nutzen-Kosten-Analyse bestand, die auf der bewährten Grundlage bundesweit zum Einsatz kommender Verfahren (Bewertungsverfahren zur Aufstellung des Bundesverkehrswegeplans, Empfehlung für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS) unter Berücksichtigung bayerischer Belange entwickelt wurde (BASB 2000) /HB 2000/. Das vorliegende Bewertungsverfahren ist eine Weiterentwicklung diese Bewertungsverfahrens BASB 2000. Zu diesem Zweck wurde das Verfahren zunächst einer Überprüfung und Erfolgskontrolle unterzogen (Ex-Post-Analyse) /MUVEDA 2009/. Dabei wurden die im Rahmen des 6. Ausbauplans bewerteten und inzwischen realisierten Projekte hinsichtlich ihrer tatsächlich feststellbaren Wirkungen untersucht. Die daraus gewonnen Erkenntnisse stellten eine wesentliche Grundlage für die Überarbeitung des Bewertungsverfahrens dar.

Gleichzeitig wurde das Verfahren aufgrund der sozioökonomischen und technischen Entwicklungen hinsichtlich der Kostensätze und Parameter aktualisiert und in den Methoden modernisiert /AVISO 2010/. Insbesondere wurden zwischenzeitlich veränderte bzw. neu hinzugekommene Aspekte im Hinblick auf

- Demografischen Wandel,
- Entwicklungen im ländlichen Raum,
- Klimaschutz und
- Erhaltung bzw. Unterhaltung der Straßenverkehrsanlagen

betrachtet. Darüber hinaus war sicherzustellen, dass landespolitische Zielsetzungen und projektspezifische Besonderheiten Berücksichtigung finden können.

Das aktualisierte Verfahren wurde im Rahmen eines Pre-Tests prototypisch zur Bewertung von 40 repräsentativen Straßenbauprojekten eingesetzt /MUVEDA; AVISO 2010/. Die meisten dieser Projekte lagen im Bereich der Staatlichen Bauämter Aschaffenburg und Würzburg, einige auch in den Bereichen Ansbach, Augsburg, Krumbach und Schweinfurt.

Im Folgenden werden die Grundlagen der Nutzen-Kosten-Analyse des vorliegenden Bewertungsverfahrens kurz dargestellt.

3.1 Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS 1997)

Das Bewertungsverfahren RAS-W stellte den Teil Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßenbaumaßnahmen im Rahmen der "Richtlinien für die Anlage von Straßen" (RAS) dar. Die aktualisierte Fortschreibung des Verfahrens trägt die Bezeichnung "Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen (EWS 1997)" /FGSV 1997a/.

Dieses Bewertungsverfahren ermöglicht, wie auch das des Bundesverkehrswegeplans (BVWP 2003), die Bauwürdigkeit und Dringlichkeit einer geplanten Verkehrswegeinvestition nach volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten zu beurteilen und im Vergleich zu alternativen Maßnahmen einzustufen. Die Bewertung und die anschließende Festlegung einer Realisierungsfolge von geplanten Maßnahmen stützen sich auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis. Die Wertansätze der EWS beziehen sich auf den Preisstand 1995.

Im Vergleich zum BVWP 2003 ermöglicht das EWS-Verfahren eine detailliertere Betrachtung mit feinerem Maßstab, so dass auch kleinräumig wirksame Maßnahmen wirklichkeitsgetreu abgebildet werden können. Durch die Beschränkung auf sieben Komponenten ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis präzise definiert, es kann für ein einzelnes Verkehrsprojekt als Hinweis auf volkswirtschaftliche Bauwürdigkeit auch absolut betrachtet werden.

3.2 Bewertungsverfahren Bundesverkehrwegeplan 2003 (BVWP 2003)

Die Wohlfahrtsverbesserung der Bevölkerung ist Hauptziel des Bewertungsverfahrens zum Bundesverkehrswegeplan 2003 (BVWP 2003). Konkret bedeutet das die Verfolgung bestimmter Strukturziele, wie Verbilligung der Beförderungsprozesse, Verkürzung der Fahrtdauern, Erhöhung der Sicherheit, Vorteile aus raumordnerischer Sicht, Entlastung der Umwelt und Schonung von Natur und Landschaft, Vorteile in verkehrsfremden Funktionen, wie z. B. die Erhöhung des Erholungs- und Freizeitwertes /BMVBS 2003/.

Mit Hilfe von Gesamtverkehrsprognosen und einheitlichen Bewertungskriterien wird die Dringlichkeit einer geplanten Investitionsmaßnahme an der verkehrlichen Infrastruktur eingestuft. Betrachtet werden die Verkehrszweige Schiene, Straße und Wasserstraße. In der gesamtwirtschaftlichen Bewertung werden die Vor- und Nachteile der vorherrschenden Verkehrssituation (Vergleichsfall) den Wirkungen der geplanten Situation, die durch die Realisierung der Maßnahme entsteht (Planfall), gegenübergestellt. Die Projektwirkungen werden soweit wie möglich monetär, d. h. in Wettbewerbspreisen erfasst. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis dient als Bewertungsmaßstab. Existieren für einzelne Komponenten keine direkten Preise, wird auf die Ermittlung von Alternativkosten bzw. Opportunitätskosten zur Erreichung oder Vermeidung eines bestimmten Effekts zurückgegriffen.

Das BVWP 2003 stellt eine Spezifizierung des Verfahrens der EWS dar. Das BVWP 2003 beinhaltet gegenüber den EWS 1997 eine größere Anzahl an Nutzenkomponenten, die auch die Berücksichtigung politischer Ziele ermöglichen.

3.3 Bewertungsverfahren des 6. Ausbauplans für die Staatsstraßen in Bayern (BASB 2000)

Bei der Aufstellung des 6. Ausbauplans ist für die Staatsstraßen erstmals ein gesamtwirtschaftliches Bewertungsverfahren zum Einsatz gekommen, das es erlaubt, eine Dringlichkeitsreihung der geplanten Maßnahmen anhand objektiver Kriterien unter Berücksichtigung besonderer bayerischer Belange vorzunehmen (BASB 2000). Die wesentlichen Grundlagen des Verfahrens bildeten die:

- Bewertungsverfahren zur Aufstellung des Bundesverkehrswegeplans 1992 (BVWP 92) /BMV 1993/
- Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS 1997) /FGSV 1997a/

Die Einbeziehung der landespolitischen Ziele in das Verfahren erforderte die Erarbeitung zusätzlicher Komponenten.

Den Kern des Verfahrens bildete eine Nutzen-Kosten-Analyse (NKA), mittels der die Bauwürdigkeit der Verkehrswegeinvestitionen beurteilt werden kann. Als besondere Projektarten wurden neben Neu- und Ausbauprojekten die Beseitigungen schienengleicher Bahnübergänge, Erneuerungsmaßnahmen an Brücken und Umbaumaßnahmen innerhalb geschlossener Ortschaften mittels Verfahrenserweiterungen bewertet.

Das BASB 2000 ist in /HB 2000/ dokumentiert.

3.4 Überprüfung der Modelle mittels Erfolgskontrolle durch realisierte Projekte

Im Vorfeld der Fortschreibung des aktuellen Ausbauplans für die Staatsstraßen wurde das für die Aufstellung des 6. Ausbauplans genutzte Bewertungsverfahren einer Überprüfung und Erfolgskontrolle unterzogen. Dazu wurden insgesamt realisierte Projekte hinsichtlich ihrer tatsächlich feststellbaren Wirkungen untersucht /MUVEDA 2009/.

In der Untersuchung wurden die Bewertungsmodelle des BASB 2000, die weitgehend aus analytisch gewonnenen Erkenntnissen abgeleitet wurden und im Rahmen der Aufstellung des 6. Ausbauplans Anwendung fanden, anhand beobachteter Verhältnisse überprüft. Durch Ex-Post-Analysen von neun realisierten Ausbauprojekten im Außerortsbereich wurde die Überprüfung der Modelle zur Bestimmung des Mengengerüstes für die Bewertung zukünfti-

ger Projekte an Staatsstraßen durchgeführt. Ergänzt wurde die Überprüfung um acht Ortsdurchfahrtsprojekte, die nach Aufstellung des Ausbauplans realisiert wurden. Ebenso wurden acht Neubauprojekte, die inzwischen für den Verkehr freigegeben wurden, hinzugenommen. Eine eingehende Analyse dieser Projekte hinsichtlich ihrer Wirkungen lieferten wichtige Hinweise für eine Verbesserung der Vielzahl noch auszuführender Projekte.

3.5 Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen in Bayern

Die aus der Ex-Post-Analysen gewonnen Erkenntnisse stellten eine wesentliche Grundlage für die Aktualisierung des BASB 2000 dar. Einige Komponenten nach BASB 2000 konnten nahezu unverändert übernommen werden, in diesen Fällen wurden lediglich die Wertansätze entsprechend geeigneter Preisindizes fortgeschrieben. Für andere Komponenten waren umfangreichere Änderungen zur Anpassung an neue verkehrswissenschaftliche Erkenntnisse und politische Ziele erforderlich /AVISO 2010/.

Derzeit werden die EWS unter Führung des BMVBS fortgeschrieben. Bei der Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen werden die Vorgaben aus dem Pflichtenheft für die Fortschreibung der EWS/RAS-W /BMVBS 2006/ berücksichtigt. Diese sind jedoch allgemein gehalten und noch nicht zu konkreten Empfehlungen ausgearbeitet. Zum Zeitpunkt der Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen und der Fortschreibung des Ausbauplans waren noch keine Teilergebnisse zur neuen RAS-W publiziert.

Das Ergebnis der Untersuchung „Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen in Bayern“ ist das aktualisierte Verfahren, das zur Bewertung der Projekte im Rahmen der Aufstellung des 7. Ausbauplans eingesetzt wurden. Das Verfahren wurde zunächst im Rahmen des Pretests an 40 Pilotprojekten exemplarisch angewendet /MUVEDA 2010/. Aufgrund der dabei gewonnenen Erkenntnisse erfolgte eine Justierung des Verfahrens. Zudem wurde für die Bewertung von rund 1.000 Projekten im Zuge der Staatsstraßen das Bewertungsverfahren in einem modular aufgebautes Programmsystem umgesetzt. In den nächsten Kapiteln werden die einzelnen Nutzen- bzw. Kostenkomponenten des Verfahrens ausführlich beschrieben und die Berechnungsvorschriften zusammen mit den erforderlichen Parametern und Kostensätzen dargestellt.

4 Beschreibung der Bewertungskriterien

Bei dem Vergleich der für 2025 prognostizierten Verkehrssituationen mit und ohne Maßnahmenrealisierung (Plan- oder Vergleichsfall) können Nutzen sowohl mit positivem als auch mit negativem Vorzeichen auftreten. Die in die Berechnung der einzelnen Komponenten eingehenden Wertansätze werden einheitlich zum Preisstand 2009 bestimmt.

Investitionskosten (K)

Die Investitionskosten umfassen die Kosten für die Herstellung der Straße (z.B. Straßenkörper inklusive Bauwerke, Schutzeinrichtungen oder Rad- und Gehwege sowie Zubehör und Grunderwerb) sowie für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Die gesamten Investitionskosten werden in einzelne Leistungen entsprechend den Hauptgruppen der AKS (Anweisung zur Kostenberechnung für Straßenbauvorhaben) mit entsprechenden Abschreibungszeiträumen aufgegliedert. Da die zeitliche Verteilung der Ausgaben nicht bekannt ist, werden standardisiert jeweils 21% in den vier Jahren vor dem Bezugszeitpunkt und jeweils 8% in den zwei Jahren danach angenommen. Diese Ausgaben werden um die Mehrwertsteuer bereinigt und mit einer Aktualisierungsrate von 3% pro Jahr auf einen definierten Bezugszeitpunkt auf- bzw. abgezinst. Einheitlicher Preisstand ist das Jahr 2009.

Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten (NW)

Bei der Altersstruktur und dem häufig anzutreffenden relativ niedrigen Substanzwert der Staatsstraßen entfällt auf die Erneuerung der Straßen ein hoher Kostenanteil, der bei ausbleibenden Ausbaumaßnahmen in Zukunft noch weiter ansteigen wird. Durch eine realisierte Ausbaumaßnahme wird die Straße zu Teilen oder ganz erneuert. Somit werden anstehende Erneuerungsmaßnahmen zeitlich vorgezogen und die nächste Maßnahme dieser Art wird erst zu einem späteren Zeitpunkt notwendig. Durchgeführte Substanzverbesserungen und die damit verbundenen Kosteneinsparungen stellen einen Nutzen für die Maßnahme dar (NW1). Die Unterhaltungskosten sind die innerhalb eines Jahres anfallenden Ausgaben für den Betrieb der Straße (NW2). Für die Nutzenermittlung werden abhängig vom Straßentyp und Regierungsbezirk differenzierte durchschnittliche Kostensätze je Kilometer angesetzt. Die Unterhaltungskosten erhöhen sich im Regelfall aufgrund des verbreiterten Straßenquerschnitts bzw. verlängerten Straßennetzes im Planfall.

Veränderung der Betriebskosten (NB)

Straßenbauinvestitionen bewirken Veränderungen in den Fahrtrouten und/oder Fahrtweiten und damit – über Änderungen der Verkehrsbelastung einzelner Netzabschnitte – Änderungen der Fahrgeschwindigkeiten. Dies hat Auswirkungen auf die Kosten von Beförderungs-

vorgängen. Ersparnisse ergeben sich immer dann, wenn durch das erwogene Straßenbauprojekt eine bestimmte Transportnachfrage mit geringerem Einsatz von Produktionsfaktoren bewältigt werden kann. Durch Beschleunigung von Fahrten, Verkürzungen von Entfernungen und Erhöhung von Fahrzeugauslastungen ergeben sich Ersparnisse an Fahrzeugvorhaltungs- und Betriebsführungskosten:

- Veränderung der Fahrzeugvorhaltungskosten (NB_1): Die Fahrzeugvorhaltungskosten umfassen die zeitabhängigen Sachkosten und fallen nur für gewerblich genutzte Fahrzeuge an. Ersparnisse ergeben sich dann, wenn ein gegebenes Transportvolumen mit höheren Geschwindigkeiten und/oder höheren Auslastungen und/oder auf kürzeren Strecken transportiert werden kann. Hierbei wird unterstellt, dass projektbedingt frei werdende Transportkapazitäten in Form von Mehrfahrten genutzt werden.
- Veränderung der Betriebsführungskosten (NB_2): Durch eine Straßenbauinvestition hervorgerufene Änderungen von Fahrtrouten und/oder Fahrtweiten bewirken Änderungen der mittleren Fahrgeschwindigkeiten. Dies wirkt sich wiederum auf die Kraftfahrzeugbetriebskosten aus. Bewertet werden hier die volkswirtschaftlich relevanten Kostenbestandteile für gewerblich genutzten Pkw- und Schwerverkehr. Kann die gleiche räumliche Distanz mit geringeren Betriebsführungskosten durchgeführt werden, ergibt sich ein Nutzen in Höhe der Kosteneinsparungen.

Veränderung der Erreichbarkeit (NE)

Die Änderung von Fahrtrouten, Fahrtweiten und Fahrgeschwindigkeiten bewirken eine Änderung der benötigten Fahrzeiten. Den durchschnittlichen Wert der in einer Stunde durchgeführten Tätigkeiten bezeichnet man als Zeitkostensatz. Die Nutzen der Fahrzeiteinsparungen ergeben sich aus den Fahrzeitänderungen multipliziert mit dem Zeitkostensatz. Betrachtet werden ausschließlich die Zeitersparnisse bei nichtgewerblichen Fahrten (Berufs-, Ausbildungs-, Besorgungs- und Freizeitverkehr) im Pkw- und Busverkehr. Zeitersparnisse im gewerblichen Bereich werden über die Veränderung der Betriebsführungskosten (NB_2) berücksichtigt.

Veränderung der Verkehrssicherheit (NS)

Das Unfallgeschehen wird von dem baulichen und verkehrlichen Zustand des Straßennetzes beeinflusst. Veränderungen im Ausbauzustand und/oder bei der Verkehrsbelastung haben Änderungen der Unfallzahlen und Unfallschwere zur Folge. Personen- und Sachschäden lassen sich wiederum durch ökonomische Bewertungsansätze in Kosten ausdrücken. Die Häufigkeit und Schwere der Radfahrunfälle im Zusammenhang mit einer gemeinsamen oder getrennten Verkehrsführung werden zusätzlich berücksichtigt.

Veränderung der Geräuschbelastung (NU_1)

Straßenbauprojekte können Auswirkungen auf die Lärmbelastung haben. Ein Nutzen durch Veränderungen der Lärmbelastungen innerhalb bebauter Gebiete wird berücksichtigt, wenn im Vergleichsfall ein definierter Immissionszielpegel, unterhalb dessen Lärm als gesundheitlich ungefährlich gilt, überschritten wird. Die monetäre Bewertung ergibt sich aus der Höhe der vorliegenden Zielpegelüberschreitung, der Zahl und dem Grad der Beeinträchtigung der betroffenen Einwohner sowie einem an Wettbewerbspreisen orientierten Wertansatz. Außerhalb der bebauten Gebiete wird pauschal eine Beeinträchtigung von 50 Einwohnern pro Kilometer und eine nächtliche Zielpegelüberschreitung von 5 dB(A) angenommen.

Veränderung der Schadstoffbelastungen und der Klimagase (NU_2)

Die Schadstoffemissionen des Verkehrs wirken sich auf Menschen (Gesundheitsschäden), Bauten (Materialschäden), Vegetation und Klima aus. Die Bewertung dieser Emissionen erfolgt gemäß der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten /UBA 2007/ nach einem Wirkungspfadansatz zur Schätzung von Grenzkosten der Umweltbelastung. Analog werden Schadenskosten für Emissionen von Klimagasen bestimmt.

Veränderung der Trennwirkungen (NU_3)

Durch den Bau von Ortsumfahrungen und die damit verbundene verkehrliche Entlastung von Ortsdurchfahrten lässt sich die von stark belasteten Ortsdurchfahrten verursachte Trennwirkung vermindern und die Querung der Straße durch Fußgänger verbessern. Die Bewertung der Trennwirkungen durch Straßen bezüglich Fußgängerüberquerungen erfolgt auf der Grundlage der Zeitverluste, die Fußgänger beim Überqueren der Fahrbahnen hinnehmen müssen. Die Wartezeiten der Fußgänger werden in Abhängigkeit vom Straßentyp ermittelt. Der volkswirtschaftliche Nutzen durch Veränderung der Trennwirkung ergibt sich durch die Differenz der Gesamtwartezeiten multipliziert mit dem entsprechenden Zeitkostensatz der Fußgängerstunde.

Veränderung der Flächenverfügbarkeit (NF)

Diese Nutzenkomponente bildet grundlegende soziale Funktionen des Straßenraumes ab. Die Annehmlichkeit des Aufenthalts und der Fortbewegung von nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern wird durch einen Kostensatz zur Herstellung von Verkehrsanlagen mit definierten Zielbreiten beschrieben. Die Zielbreiten für Gehwege hängen von Maß und Intensität der Randnutzungen ab. Die Berücksichtigung von Radverkehrsanlagen ist abhängig von den anzutreffenden Verkehrsstärken.

Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten (NU_5)

Vom Straßenverkehr können Gefährdungen für Wasserschutzgebiete ausgehen. Durch geeignete Schutzmaßnahmen an bestehenden Straßen in Wasserschutzgebieten (z.B. Nachrüstung der Straße gemäß RiStWaG), können diese Gefährdungen eliminiert werden. Die Nutzenkomponente berücksichtigt Vorteile, die sich durch die Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten, welche die Anforderungen zum Schutz der Trinkwasservorkommen nicht erfüllen, ergeben. Die Nutzen werden im Sinne eines Vermeidungskostenansatzes mittels normierter Kosten für die Nachrüstung bestimmt.

Förderung des Radverkehrs (NU_6)

Der Ausbau des Radwegenetzes hat einen hohen Stellenwert für den Freistaat Bayern. Bei Straßenneubau oder -ausbauprojekten soll deshalb der Bau von Radwegen gezielt gefördert werden. Es wird daher als Wertansatz für den Projektnutzen ein normierter Kostensatz für die Kosten zum Bau des Radwegs eingeführt.

Erhaltung der Artenvielfalt (NA)

Um den Verlust an biologischer Vielfalt zu stoppen, hat der Freistaat Bayern im April 2008 die „Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt in Bayern“ verabschiedet. Die Errichtung von Amphibienschutzmaßnahmen stellen Maßnahmen zum Schutz für Amphibien dar, deren Bestände in Bayern anhaltend rückläufig sind /STMI 2009/. Die Anlage von Amphibienschutzmaßnahmen beim Ausbau bereits bestehender Straßen soll deshalb explizit in das Bewertungsverfahren als Maßnahme zum Erhalt der Artenvielfalt eingehen. Weitere Aspekte zum Schutz der Tier- und Pflanzenwelt werden in der gesondert durchzuführenden Umweltrisikoeinschätzung (URE) behandelt.

Ein Nutzen wird dann ermittelt, wenn ein Ausbauprojekt über die verkehrlichen Anforderungen hinaus Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt (Errichtung von Amphibienschutzmaßnahmen) beinhaltet. Der Nutzen wird als ökologischer Wert vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Akzeptanz in Höhe der durchschnittlichen Investitionskosten zum Bau der Schutzmaßnahmen dargestellt.

Raumordnungsaspekte auf landespolitischer Ebene (NR)

Die Verbesserung der Erreichbarkeit nationaler wie internationaler Ziele kann durch Veränderungen der Verkehrsinfrastruktur gefördert werden. In Grenzlandgebieten wird deshalb die Verstärkung des grenzüberschreitenden Verkehrs besonders berücksichtigt. Weiterhin werden Auswirkungen auf die regionale Wirtschaftsstruktur und die Zahl der Arbeitsplätze durch den Bau und den Betrieb von Verkehrswegen erfasst.

Raumordnungsaspekte auf kommunaler und regionaler Ebene (NR_k)

Änderungen der Verkehrsinfrastruktur können sich sowohl positiv als auch negativ auf die Funktionsfähigkeit von Wohnbereichen oder die Attraktivität von Stadt- und Stadtteilzentren auswirken. Um die Projektwirkungen zu quantifizieren, werden die in den Bereichen Luftschadstoffe, Geräuschbelastung, Trennwirkung, Erreichbarkeit und Verkehrssicherheit ermittelten Nutzen zusammengefasst und mit einem regionalen Differenzierungsfaktor multipliziert. Dieser Differenzierungsfaktor berücksichtigt die prognostizierte Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung sowie die Gebietskategorie (Stadt, ländlicher Raum, etc.), die Einstufung zentraler Orte und die Lage in einem Fremdenverkehrsgebiet und/oder an überregionalen Entwicklungsachsen gemäß dem Landesentwicklungsprogramm Bayern 2006 /STMIVT 2006/.

Veränderung des Erholungs- und Freizeitwertes (NF_w)

Wirkungen auf die Erholungsfunktion einer Region werden durch die Veränderungen der Umweltkomponenten (Luftschadstoffe, Geräuschbelastungen und Trennwirkungen) ausgedrückt. Ein regionaler Differenzierungsfaktor berücksichtigt den Wert der Entlastungswirkungen in Gebieten, die für die Erholung und Freizeit eine besondere Bedeutung haben.

Wirkungen auf den ÖPNV und Wirkungen des induzierten Verkehrs

Straßenbaumaßnahmen können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Nutzung des ÖPNV haben. Zudem kann die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur auch Steigerungen hinsichtlich der Mobilität der Bevölkerung (induzierter Verkehr) mit sich bringen Aufgrund der Bedeutung der Staatsstraßen und des zumeist kleinräumigen Umfang der erwogenen Projekte sind die zu erwartenden Auswirkungen auf den Modal Split und die Ausmaße des induzierten Verkehrs jedoch als marginal zu betrachten und können im Rahmen des vorliegenden Bewertungsverfahrens vernachlässigt werden.

Im Folgenden wird der Bewertungsablauf der NKA dargestellt (Kapitel 5). Im Kapitel 6 werden die Berechnungsvorschriften für die einzelnen Nutzenkomponenten sowie für die jeweiligen Projektkosten angegeben.

5 Bewertungsablauf und Eingangsdaten

Die Abbildung 5-1 zeigt schematisch den Ablauf der Projektbewertung im Rahmen der Aufstellung des 7. Ausbauplans für die Staatsstraßen in Bayern. Im Weiteren werden die einzelnen Schritte erläutert.

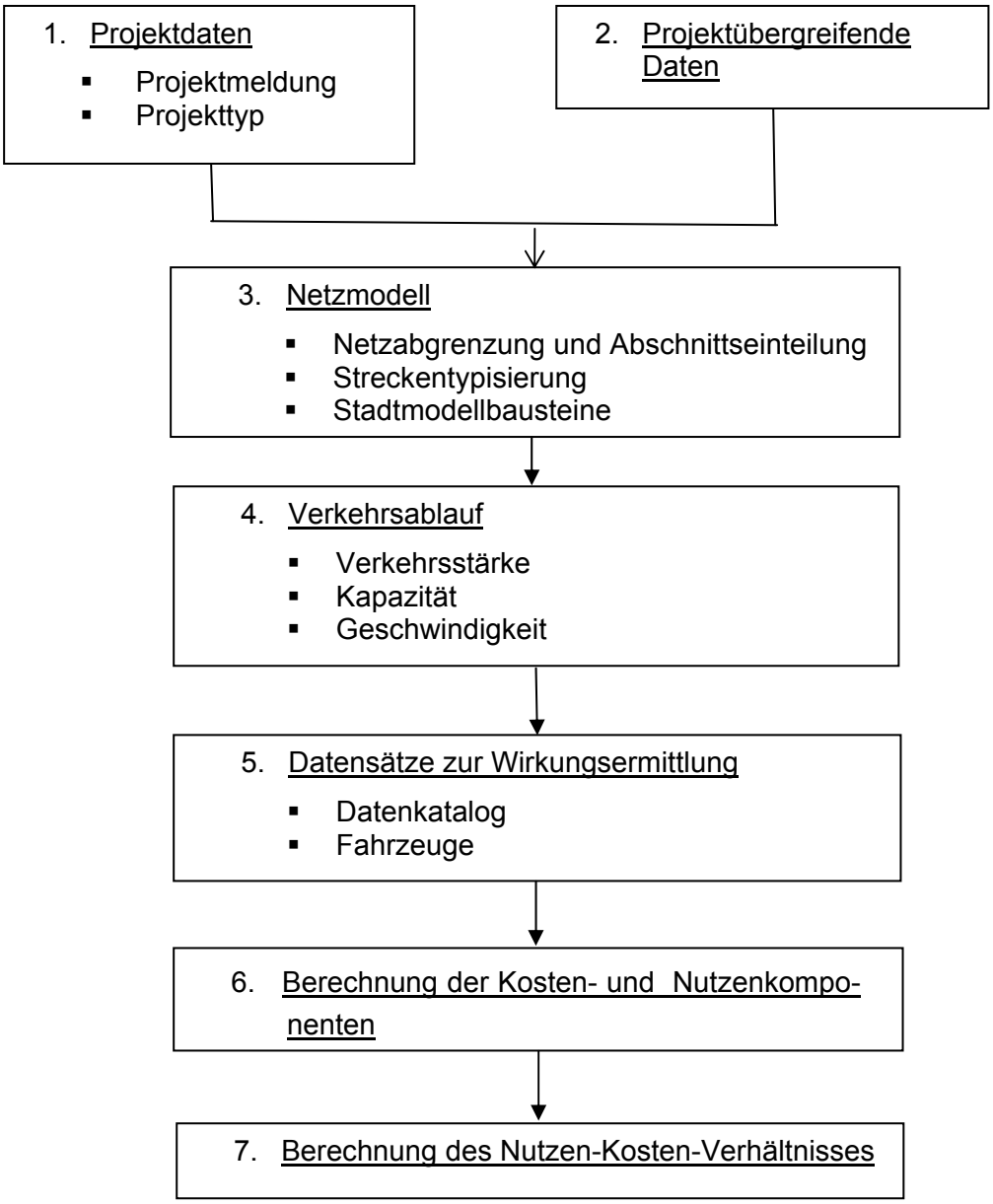


Abbildung 5-1: Ablauf der gesamtwirtschaftlichen Bewertung

5.1 Projektdaten

5.1.1 Projektmeldung

Jedes erwogene und zu bewertende Projekt soll eigenständig verkehrswirksam sein. Zur Bewertung ist für die Projekte im Rahmen der Projektmeldung ein umfangreiches Datengerüst zu erheben.

Die im Rahmen der Projektmeldung zusammengefassten Daten lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

- Grunddaten: Projektnummer (neu und ggf. alte), bestehende Dringlichkeit, Bearbeiter/in, Bauamt-Nr. bzw. StBA-Nr, Bauamt, Lkr.-Nr./Region, Straßenbezeichnung, Projekttyp, Projektbezeichnung, Lage, Abschnitt und Station
- Projektstand: Planungsstadium und Datum, Planfeststellung und Bau
- Bestehende Streckendaten: Länge, Summe Höhendifferenzen, Länge Radwege, Bauwerknummer und Bemerkungen Bestand
- Geplante Streckendaten: Geplante Länge und Breite, Summe Höhendifferenzen, Länge der Radwege, Grunderwerbsflächen und Bemerkungen
- Kosten: Preisstand, Grunderwerb, Brücken, Tunnel, sonstige Bauwerke, Sonstiges, landschaftspflegerische Maßnahmen, Gesamtkosten und Kosten Dritter
- Anmerkungen und Sonstiges: Ergänzende Begründungen, RiStWag-Ausbau und städtebaulicher Nutzen
- Planunterlagen: Lageskizze als MapInfo Relation, Lageplan bzw. Verknüpfungspunkte, Höhenplan bzw. Steigungsskizze, Verkehrsbeschränkungen – Bestand, Verkehrsbeschränkung – Planung, Umleitungsskizze, (projektspezifische) Verkehrsuntersuchung

Die projektspezifischen Verkehrsuntersuchungen wurden – falls vorhanden – zumeist in Form von Darstellungen der Straßenverkehrsbelastungen im Plan- und Vergleichsfall mit Angabe des Bezugsjahres übergeben.

5.1.2 Projekttyp

Die Projekte sind entsprechend ihrer überwiegenden Charakteristik den folgenden Projekttypen zugeordnet:

- Ausbau (AUS)
- Ortsumfahrung (OU), Verlegung (VER) und Neubau (NEU)

- Bahnübergangsbeseitigung (BUE)
- Bauwerkserneuerung (BRU)

Bei zahlreichen Projekten treten gleichzeitig Charakteristika verschiedener Projekttypen auf. So befinden sich innerhalb des Wirkungsbereichs von Neu- oder Ausbauprojekten häufig schienengleiche Bahnübergänge, die im Zuge einer Projektrealisierung beseitigt werden sollen bzw. - durch die Verkehrsverlagerung auf das geplante Straßenbauprojekt - deren negative Wirkungen (z.B. durch Abnahme der Wartezeiten) verringert werden. Diese unterschiedlichen Wirkungen werden in separaten Rechnungen erfasst und bilden zusammen das Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse. Gleiches gilt für Neu- und Ausbauprojekten, in deren Wirkungsbereich Engpässe (z.B. durch bestehende Stadttore oder Brücken mit geringer Tragfähigkeit) bestehen bzw. restriktive Maßnahmen (z.B. Fahrverbote für Lkw) angeordnet sind. Die Wirkungen Weg- und Zeitverkürzungen infolge der Verkehrsverlagerung von den bestehenden weiträumigeren Umleitungsstrecken auf das deutlich kürzere Straßenbauprojekt nach der Realisierung werden bei der Bewertung des Projekts berücksichtigt.

In Einzelfällen werden Projekte, bei denen eine gegenseitige verkehrliche Abhängigkeit erwartet wird, zusammen bewertet. Diese Projekte werden durch den Projekttyp „ZUS“ (Zusammenbewertung) gekennzeichnet.

5.2 Projektübergreifende Daten

In die Bewertung nach dem Verfahren zur Aufstellung des 7. Ausbauplans fließen zusätzlich zu den projektspezifischen Informationen auch zahlreiche projektübergreifende Daten ein. Diese beschreiben die bestehenden bzw. prognostizierten Unterschiede der bayerischen Regionen z.B. hinsichtlich der Güte der verkehrsinfrastrukturellen Ausstattung, wirtschaftlichen Situation und Gebietskategorien. Die Daten sind wie folgt aufzuführen:

- Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung
- Anzahl Gästeübernachtungen 2008
- Zentrale Orte
- Gebietskategorien gemäß Definitionen des LEP
- Lage
    - Entlang der Entwicklungsachse
    - Tourismusgebiete
- Raumordnungsregionen des Bundes

Die projektübergreifenden Daten gehen in Form von gebietsabhängigen Differenzierungsfaktoren in die Berechnungen ein.

5.3 Netzmodell

Die Ermittlung der vom Projekt ausgehenden bewertungsrelevanten Wirkungen erfolgt u.a. auf der Grundlage von Verkehrsstärken, von verkehrlichen Gegebenheiten des Straßennetzes sowie von der baulichen Situation des Straßennetzes und der angrenzenden Bebauung. Hierzu wird abhängig vom Wirkungsraum des Projekts ein lokales bzw. regionales Netzmodell aufgebaut, dass im Folgenden beschrieben wird.

5.3.1 Netzabgrenzung und Abschnittseinteilung

Die Netzabgrenzung und Abschnittseinteilung erfolgt entsprechend der Vorgehensweise von BASB 2000 und EWS 1997. Demnach werden alle Netzabschnitte in der Bewertung berücksichtigt, bei denen sich die Verkehrsbelastungen und/oder der Verkehrsablauf von Planfall zu Vergleichsfall unterscheiden. Diese Netzabschnitte zusammengefasst bilden den **Wirkungsbereich** eines Projektes. Der **Vergleichsfall** enthält alle zum Zeitpunkt des Prognosehorizonts fertiggestellten Straßen, jedoch ohne das zu bewertende Projekt. Der **Planfall** beinhaltet darüber hinaus das zu bewertende Projekt. Das Straßennetz wird so gewählt, dass es einen zusammenhängenden Bereich abbildet und im Vergleichs- und Planfall einheitlich ist.

Netzabschnitte mit gleichen Streckenmerkmalen und Verkehrsstärken im Vergleichs- und Planfall werden in der Bewertung nicht berücksichtigt. Für die Berechnung einiger Wirkungskomponenten, wie z.B. Lärm und Trennwirkungen, ist es sinnvoll, den Netzumfang auf ein Kernnetz einzugrenzen. Die hiermit verbundene relativ geringe Einbuße an bewertungsrelevanter Information ist im Vergleich zum notwendigen Aufwand der Datenbeschaffung zulässig.

Die Festlegung von Abschnittsgrenzen innerhalb des Wirkungsbereichs wird erforderlich, wenn sich eine oder mehrere Einflussgrößen auf einzelne Nutzenkomponenten merklich ändern. Abschnittseinteilungen werden getroffen bei Änderungen der Verkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung, des Straßentyps, der zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder Art und Maß der baulichen Nutzung. Knotenpunkte bilden dann Abschnittsgrenzen, wenn sich dort die Charakteristik der angrenzenden Abschnitte ändert und/oder aufgrund der Verkehrsumlegung merkliche Belastungsunterschiede der angrenzenden Abschnitte prognostiziert werden.

5.3.2 Streckentypisierung

Den einzelnen Streckenabschnitten im Wirkungsbereich werden Straßentypbezeichnungen nach BVWP 2003 zugeordnet. Diese charakterisieren die Strecken hinsichtlich ihrer baulichen und verkehrlichen Gegebenheiten durch neun Kenngrößen und sind grafisch in

Abbildung 5-2 dargestellt. Auch wenn nicht alle neun Attribute für die mittleren Fahrzeuggeschwindigkeiten relevant sind, werden sie zur Wahrung der Kompatibilität beibehalten.

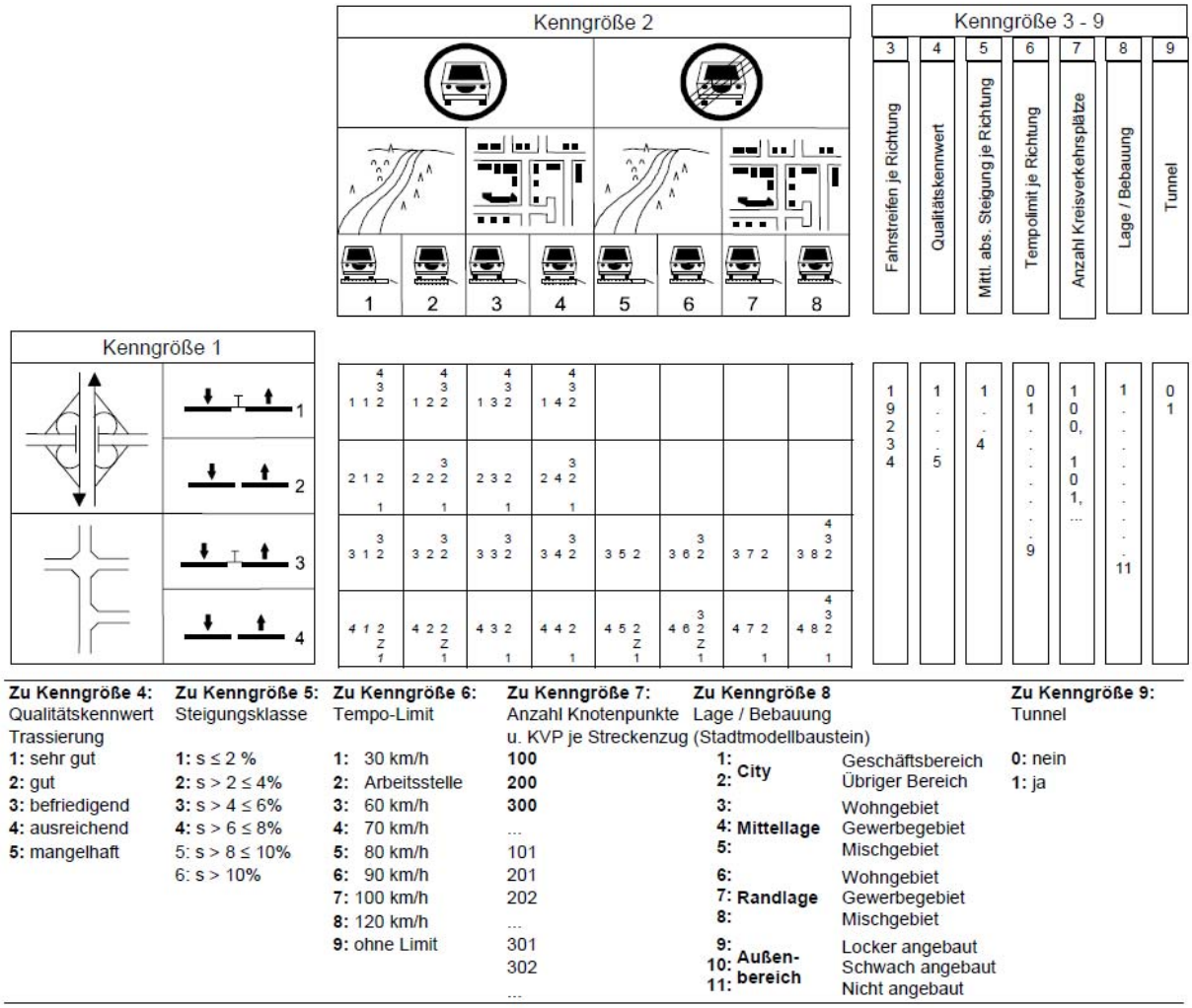


Abbildung 5-2: Streckentypisierung hinsichtlich baulicher und betrieblicher Merkmale

Es gibt jedoch einige Unterschiede im Vergleich zum BVWP 2003:

- In **Kenngröße 7** ist die Anzahl der Knotenpunkte und der Kreisverkehrsplätze (KVP) je Streckenzug codiert. Dabei stellen 100-er Stellen die Gesamtzahl der Knotenpunkte und der Rest nach Division durch 100 die Anzahl der Kreisverkehrsplätze dar. Eine Ausprägung der Kenngröße 7 von 302 bedeutet z.B., dass der betrachtete Streckenzug

  302 : 100 = 3 Knotenpunkte („:“Ganzzahldivision mit Rest) und

  302 mod 100 = 2 Kreisverkehrsplätze enthält.

- In **Kenngröße 6** bedeutet:
  - Wert 2: Arbeitsstelle (statt Tempolimit 50 km/h)
  - Wert 8: Tempolimit von 120 km/h (statt 130 km/h),

  da für diese Situationen auf BAB Messwerte im HBS 2001 (2005) vorliegen /FGSV 2005/ und damit Mengen-Geschwindigkeits-Funktionen angepasst werden können.
- **Kenngröße 3** kann zusätzlich zu den Werten der BVWP, die sich auf die Anzahl der Fahrstreifen (FS) je Richtung beziehen, den Wert „9“ annehmen, der den Straßenquerschnitt RQ15,5 („2+1“) beschreibt.
- Für Neubaustrecken kann die **Kenngröße 4** in Abhängigkeit der befestigten Fahrbahnbreite der geplanten Strecke bestimmt werden. Daher kann diese Stelle, obwohl die Qualität der fertiggestellten Strecke „sehr gut“ (Qualität = 1) ist, auch Werte verschieden von eins annehmen. In diesen Fällen erfolgt keine Zuweisung von Defaultwerten für Steigung und Kurvigkeit gemäß Tabelle 5-2, diese Streckeneigenschaften werden für Vergleichs- und Planfall explizit erfasst.

Die Streckentypisierung der EWS ist nicht direkt mit der Typisierung der BVWP kompatibel. Bei den Bewertungskomponenten, die auf Ansätzen der EWS aufbauen, werden die Typen transformiert.

Längsneigung und Kurvigkeit

An Steigungsstrecken mit großer Längsneigung *s* [%] reduzieren sich die Reisegeschwindigkeiten aller Fahrzeuge, insbesondere die des Schwerverkehrs (SV). Die Längsneigung ist daher eine kritische Eingangsvariable für die Geschwindigkeitsfunktionen. Gleiches gilt für die Kurvigkeit KU, angegeben in gon/km, da durch einen hohen Anteil von Kurven die Sichtweiten und damit die Möglichkeiten, langsamer fahrende Fahrzeuge zu überholen, eingeschränkt werden. Da die Kurvigkeit einer Straße im Regelfall in Verbindung mit einer Längsneigung auftritt und daher durch Steigung langsamer fahrende Schwerverkehrsfahrzeuge bei kurviger Streckenführung weniger häufig überholt werden können, hängen Kurvigkeit, Steigung und Anteil des SV in ihrem Einfluss auf die mittleren Fahrzeuggeschwindigkeiten zusammen.

Die Überholmöglichkeit auf einer Landstraße kann über die topografischen Gegebenheiten hinaus durch Überholverbote eingeschränkt sein. Der davon ausgehende Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit der Pkw wird analog zum HBS durch einen Zuschlag zur Kurvigkeit nach Tabelle 5-1 berücksichtigt.

Tabelle 5-1: Zuschlag zur Kurvigkeit bei Überholverboten nach HBS

Streckenanteil mit Überholverbot $A_{ÜVB} = L_{ÜVB}/L*100$	Zuschlag zur Kurvigkeit [gon/km]
0 – 30	$5 * A_{ÜVB}$
30 – 100	$150 + (A_{ÜVB} - 30)/0,7$

Darin bedeuten L die Länge des Streckenabschnitts und $L_{ÜVB}$ die Länge aller Strecken innerhalb dieses Abschnitts mit einem Überholverbot. Dabei werden nur die Strecken berücksichtigt, auf denen trotz ausreichender Überholsichtweite ein Überholverbot angeordnet ist.

Liegen für die zu bewertende Strecke im Einzelfall keine exakten Werte für die Größen Längsneigung und Kurvigkeit vor, können Repräsentativwerte in Abhängigkeit der Qualitätsstufe der Strecke in die Geschwindigkeitsfunktion eingesetzt werden (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-2: Repräsentativwerte für Steigung und Kurvigkeit

Qualität	Steigung s [%]	Kurvigkeit KU [gon/km]
1 – sehr gut	0	0
2 – gut	1	50
3 – befriedigend	2	100
4 – ausreichend	3	150
5 – ungenügend	4	200

5.3.3 Stadtmodellbausteine

Mit Hilfe der Stadtmodellbausteine werden gemäß der **Tabelle 5-3** die Bebauungsstruktur der Ortsdurchfahrten modelliert und die Zahl der Anwohner abgeschätzt. Die ‘Art der Bebauung’ umfasst Angaben über die Anzahl der Stockwerke und die Art der Bauweise (offen oder geschlossen). Hinsichtlich Geometrie der Straßen beinhaltet das System der Stadtmodellbausteine auch den Abstand der Hausfront von der Straßenachse.

Tabelle 5-3: Definition der Stadtmodellbausteine

Stadt-modell-baustein	Abstand der Haus-front von der Stra-ßenachse [m]	Art der Bebauung [--]	Geschoß-zahl [--]	Wohn-bevölkerung [Einw/km]
M 1	5	beidseitig geschl.	3	1000
M 2	10	beidseitig geschl.	3	1000
M 3	20	beidseitig geschl.	4	1700
M 4	40	beidseitig geschl.	5	2200
M 5	20	einseitig geschl.	3	500
M 6	5	beidseitig offen	2	300
M 7	10	beidseitig offen	3	500
M 8	20	beidseitig offen	2	300
M 9	40	beidseitig offen	3	500

5.4 Verkehrsablauf

5.4.1 Verkehrsstärke

Die normalwerktäglichen Gesamt- und Schwerverkehrsbelastungen außerhalb der Urlaubszeiträume im Vergleichs- und Planfall der zu untersuchenden Projekte werden mittels eines endogenen Matrixschätzmodells /PLOSS 1993/ bestimmt. Auf der Basis der werktäglichen Querschnittsbelastungen des Vergleichsfalls werden dabei Verkehrsbeziehungen geschätzt und eine Routenwahl bestimmt. Damit werden anschließend die für die Anbindungsstrecken vorgegebenen Verkehre auf das projektbezogene Teilnetz des Vergleichsfalls und des Planfalls umgelegt. Die Querschnittsbelastungen der Anbindungsstrecken stammen aus den auf das Prognosejahr 2025 hochgerechneten Verkehrswerten der SVZ 2005.

Zur Berücksichtigung des Ziel- und Quellverkehrs sowie des Binnenverkehrs wird das bestehende Netz dort um sogenannte "Speisestrecken" ergänzt, wo Strecken durch Ortschaften, Wohn- oder Gewerbegebiete führen.

Die Hochrechnung der Verkehrswerte der SVZ 2005 auf das Prognosejahr 2025 erfolgt auf der Grundlage für den Gesamtverkehrsplan Bayern erstellten Verkehrsprognose 2025 /ITP 2010/. Im Rahmen dieser Prognose wurden Wachstumsfaktoren - getrennt für den Kfz- und Schwerverkehr - für jede Zählstelle und jeden Zählstellenbereich der SVZ 2005 für das Jahr 2025 ermittelt. Dabei wurden die Entwicklungen bis zum Prognosejahr 2025 aufgrund der regionalen Unterschiede, der unterschiedlichen Zusammensetzung des Verkehrs durch Nah-, Regional-, Fern- und internationalen Verkehr sowie der gegebenenfalls unterschiedlichen Fahrtzweck- und Gütergruppenstruktur berücksichtigt. Die Zuwachsfaktoren beziehen

sich auf die jahresmittleren Verkehrswerte der Zählstellen der SVZ 2005 und sind für folgende drei Straßennetz-Szenarien vorgelegt worden:

- Szenario 1:
  Straßennetz ohne Netzänderungen oder ohne indisponible Maßnahmen, d.h. das Straßennetz 2025 entspricht dem Straßennetz 2005
- Szenario 2:
  Straßennetz mit Netzänderungen. Berücksichtigt sind hier die sogenannten „indisponiblen Maßnahmen“. Bei den Bundesfernstraßenprojekten sind nur diejenigen des „vordringlichen Bedarfs“ des BVWP 2003 und bei den Staatsstraßen sind die als indisponibel definierten Maßnahmen nur teilweise berücksichtigt worden.
- Szenario 3:
  Straßennetz mit Netzänderungen. Berücksichtigt sind hier alle „indisponiblen Maßnahmen“ sowohl im Zuge der Bundesfernstraßen als auch im Zuge der Staatsstraßen.

In der Regel finden die Zuwachsfaktoren des Szenarios 3 bei der Bewertung der Projekte Anwendung. D.h. sämtliche indisponiblen Maßnahmen werden bei der Ermittlung der Zuwachsraten als realisiert angenommen. Somit fließen die verkehrlichen Wirkungen dieser Maßnahmen bei der Bewertung der erwogenen Staatsstraßenprojekte als vorhanden in die Berechnungen ein.

Lediglich bei den Projekten, die als „indisponible Maßnahmen“ in der Verkehrsprognose eingestuft wurden, werden auch die anderen Szenarien verwendet.

Falls projektspezifische Verkehrsgutachten vorliegen, können diese einen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrsdaten liefern und werden insbesondere zur Verfeinerung der Verkehrszahlen, zur Anpassung an die lokalen Verhältnisse und zur Plausibilitätsprüfung der Umlegungsergebnisse herangezogen. Maßgeblich für die der Bewertung zugrunde liegenden Verkehrszahlen ist jedoch auch in diesen Fällen die Verkehrsprognose 2025. Hierdurch ist gewährleistet, dass alle Projekte nach bayernweit einheitlichen Kriterien bewertet werden. Hingegen können sich projektspezifische Gutachten bezüglich Erstellungszeitpunkte, Prognosehorizonte und Randbedingungen unterscheiden. Bei der Bewertung bleiben zudem in der Regel die (zumeist geringen) Nutzen weiträumigerer, über den direkten Wirkungsbereich des Projektes hinausgehende Verkehrsverlagerungen durch das Projekt unberücksichtigt.

Bestimmung der Verkehrsbelastungen an Urlaubswerktagen sowie an Sonn- und Feiertagen

Die Gesamt- und Schwerverkehrsbelastungen (ges und SV) der Normalwerktage (W: 201 Tage) im Prognosejahr 2025, werden um Angaben für Urlaubswerktage (U: 101 Tage) und Sonntage (S: 63 Tage) ergänzt, um den Datenerfordernissen des Bewertungsverfahrens zu entsprechen. Grundlage hierfür sind die Ergebnisse der SVZ 2005 für die im Staatsstraßen-

netz liegenden Zählstellen. Die gemittelten Urlaubs- und Sonntagsfaktoren (U_{ges}/W_{ges};U_{SV}/W_{SV}; S_{ges}/W_{ges}) werden für sämtliche Strecken im Wirkungsbereich sowohl im Vergleichsfall als auch im Planfall angesetzt. Die Berechnung der Urlaubs- und Sonntagsverkehrsbelastungen der Maßnahmen erfolgt mit den gleichen Faktoren.

5.4.2 Kapazität

Die streckenspezifische Kapazität ist charakterisiert durch die Verkehrsdichte und den Straßentyp des betrachteten Abschnitts. Den Straßentypen werden Geschwindigkeiten zugeordnet, die durch die Kurvigkeit, Längsneigung und stündliche Verkehrsmenge je Richtung bestimmt sind.

Stündliche Verkehrsmengen (Kfz/h)

Die stündliche Verkehrsmenge ist tageszeitlichen und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Berücksichtigung dieser Schwankungen erfolgt über die sogenannten Dauerlinien, die die stündlichen Verkehrsmengen nach ihrer Größe und Häufigkeit sortieren /AVISO 2010/. Die Dauerlinien werden nach Fahrtzweckgruppen (Normalwerktage (w), Urlaubswerktage (u), Sonn- und Feiertage (s)), nach Fahrzeuggruppen (Gesamt- und Schwerverkehr) und nach Straßentypen (ein- und mehrstreifig) unterschieden und in vereinfachten Modellen (k-Faktoren) dargestellt.

In Tabelle 5-4 sind die k-Faktoren k_z (DTV_{ges}- und DTV_{SV}-Anteile) und Zeitintervalle T_z für Zeitabschnitte z mit annähernd gleichartigem Verkehrsablauf für die Fahrzeuggruppen Gesamtverkehr (ges) und Schwerverkehr (SV) für BAB und sonstige Straßen, differenziert nach Anzahl der Fahrstreifen und DTV, dargestellt.

Die stündlichen Verkehrsbelastungen pro Fahrtrichtung q_z [Kfz/h] im Zeitabschnitt z ergeben sich durch Multiplikation der entsprechenden k-Faktoren mit dem zugehörigen DTV:

$$q_{ges,z} = k_{ges,z} \cdot \frac{DTV_{ges}}{RI}, \quad q_{SV,z} = k_{SV,z} \cdot \frac{DTV_{SV}}{RI}, \quad z = 1..19$$

Für Einbahnstraßen gilt RI=1, sonst RI=2.

Für jede Straßenkategorie und Fahrzeuggruppe müssen alle Stunden im Jahr berücksichtigt sein:

$$\sum_{z=1}^{19} k_z \cdot T_z = 365 \text{ Tage.}$$

Zur Vermeidung von Unstetigkeiten beim Übergang vom Vergleichs- zum Planfall bei einer Veränderung der Belastungsklasse (Netz mit hoher bzw. niedriger Auslastung) werden jeweils einheitliche k-Faktoren angesetzt. Andernfalls können sich Unstimmigkeiten in den berechneten Verkehrsmengen ergeben. Die Zuordnung empfiehlt sich anhand der Daten im Vergleichsfall, in kritischen Fällen wird die Bewertung sowohl mit Faktoren der höheren als auch mit denen der niedrigeren Belastungsklasse durchgeführt.

Tabelle 5-4: Fahrzweckgruppen, zugehörige Zeitintervalle und k-Faktoren

Fahrzweckgruppe		Anzahl Stunden pro Jahr	Gesamtverkehr						Schwerverkehr	
			Bundesautobahnen				sonstige Straßen		Bundesautobahnen	sonstige Straßen
		T [h/a]	>= 3 FS DTV [Kfz/24 h]		2 FS DTV [Kfz/24 h]		DTV [Kfz/24 h]			
			<=60.000	>60.000	<=40.000	>40.000	<=10.000	>10.000		
	z	4.824	$k_{ges, w}$		$k_{ges, w}$		$k_{ges, w}$		$k_{SV, w}$	
Normalwerktage (w)	1	30	0,10030	0,08830	0,10470	0,09200	0,12070	0,09710	0,06240	0,07450
	2	50	0,09300	0,08550	0,09700	0,09010	0,11120	0,09270	0,06240	0,07450
	3	100	0,08400	0,08150	0,08900	0,08490	0,10060	0,08930	0,06240	0,07450
	4	200	0,07908	0,07796	0,08408	0,08214	0,09130	0,08600	0,06240	0,07450
	5	500	0,07100	0,07129	0,07554	0,07584	0,07796	0,07884	0,06052	0,07151
	6	1.200	0,05685	0,05710	0,05922	0,05952	0,06032	0,06108	0,05162	0,05739
	7	2.744	0,02384	0,02411	0,02130	0,02167	0,01900	0,01990	0,03101	0,02480
		2.424	$k_{ges, u}$		$k_{ges, u}$		$k_{ges, u}$		$k_{SV, u}$	
Urlaubswerktage (u)	8	30	0,09280	0,08390	0,09830	0,08600	0,11210	0,09410	0,06240	0,07450
	9	50	0,08410	0,07920	0,09450	0,08450	0,10180	0,09040	0,06240	0,07450
	10	100	0,07600	0,07210	0,08600	0,08100	0,08970	0,08460	0,06240	0,07450
	11	200	0,06965	0,06792	0,07567	0,07347	0,07804	0,07589	0,06240	0,07450
	12	500	0,05805	0,05778	0,06043	0,05923	0,06020	0,06199	0,05774	0,06596
	13	1.544	0,02815	0,02904	0,02550	0,02706	0,02453	0,02527	0,03136	0,02572
		1.512	$k_{ges, s}$		$k_{ges, s}$		$k_{ges, s}$		$k_{SV, s}$	
Sonn- und Feiertage (s)	14	30	0,09380	0,08810	0,10250	0,09150	0,13760	0,10680	0,06140	0,06860
	15	50	0,08500	0,08000	0,08750	0,08000	0,11440	0,09200	0,06140	0,06860
	16	100	0,07900	0,07500	0,07900	0,07600	0,09440	0,08400	0,06140	0,06860
	17	200	0,07098	0,06959	0,07162	0,07034	0,07610	0,07219	0,06140	0,06860
	18	500	0,05050	0,05058	0,04976	0,05075	0,04638	0,04816	0,05182	0,05487
	19	632	0,01359	0,01527	0,01337	0,01458	0,00839	0,01310	0,02177	0,01503

5.4.3 Geschwindigkeit

Die wirklichkeitsgetreue Bestimmung der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeiten dient zur Bestimmung der Beförderungskosten (*NB*) im Güter- und gewerblichen Personenverkehr, der

Verbesserungen der Erreichbarkeit (*NE*) für die Insassen von Bussen und von privat genutzten Pkw sowie der Schadstoffbelastungen/Klimagase (NU_2).

Die mittleren Fahrzeuggeschwindigkeiten werden für die Zwecke der Projektbewertung mit Hilfe der bewährten Mengen-Geschwindigkeits-Funktionen (Q-V-Funktionen) abgebildet, die getrennt für Pkw-Verkehr (einschließlich leichte Nutzfahrzeuge unter 3,5t) bzw. Schwerverkehr für Autobahnen, sonstige Außerortsstraßen und Innerortsstraßen angegeben werden. Es gelten die folgenden Grundsätze:

- Die Geschwindigkeiten der Fahrzeuggruppe P (Pkw) werden von der Gesamtverkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung bestimmt.
- Die Geschwindigkeiten der Fahrzeuggruppe SV werden außerorts in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke des Schwerverkehrs bestimmt und entsprechen innerhalb geschlossener Ortschaften der Geschwindigkeit des Pkw-Verkehrs.
- Die SV-Geschwindigkeiten dürfen maximal die Höhe der Pkw-Geschwindigkeiten annehmen.
- Als minimale Geschwindigkeit wird jeweils die Staugeschwindigkeit $v_{min}=v_{Stau}$ angesetzt.

Der Einfluss des langsameren SV auf die mittleren Pkw-Geschwindigkeiten wird durch Umrechnung in Pkw-Einheiten (SV-Äquivalenzfaktoren) modelliert. Für einstreifige Außerortsstraßen werden variable Faktoren in Abhängigkeit von SV-Anteil und Steigung konstruiert, die den Verkehrsablauf realistischer beschreiben.

a) Planfreie Straßen

Das vorliegende Verfahren findet insbesondere auf einbahnigen Straßen Verwendung. Allerdings kann der Wirkungsbereich der zu bewertenden Projekte auch 2-bahnige Netzabschnitte mit planfreien Knotenpunkten (Autobahnen) beinhalten.

In Tabelle 5-5 sind die im aktuellen Bewertungsverfahren verwendeten Streckentypen nach Abbildung 5-2 des vorherigen Kapitels auf planfreie zweibahnige Straßen dargestellt und die Nummern der zugehörigen Q-V-Funktionen angegeben. Die vier Funktionstypen 1, 2, 3 und 4 beschreiben jeweils 1-, 2-, 3- bzw. 4-streifige Richtungsfahrbahnen. Funktion 1 ist identisch mit Funktion 5 für plangleiche Außerortsstraßen und wird daher im folgenden Abschnitt beschrieben.

In Kennziffer 6 eines Streckentyps sind Variationen codiert, die den Tempolimits nach HBS entsprechen, auf Tunnelstrecken nimmt die Kennziffer 9 den Wert 1 an. Der Wert „ * “ bedeutet, dass die angegebene Q-V-Funktion unabhängig von der Ausprägung dieses Merkmals ist. Stehen an einer Kennziffer mehrere Werte untereinander, so gilt die angegebene Q-V-Funktion für beide Kombinationen.

Die funktionale Abhängigkeit der Funktionen 2, 3 und 4 von Steigung *s*, Kurvigkeit *KU* und Verkehrsmenge *Q* ist in Gl. 5-1 getrennt für den Pkw- und Schwerverkehr dargestellt.

$$V_P(Q) = \max(\{V_0 - V_1 \cdot e^{s/s_3}\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot \exp(|s + s_1|^{p_1} + p_2 \cdot Q), V_{Stau})$$

$$V_{SV}(Q_{SV}) = \max(\{V_0 - V_1 \cdot e^{s/s_3}\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot e^{p_2 \cdot Q_{SV}}, V_{Stau})$$

Gl. 5-1: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 2, 3 und 4

Die Parameter der Funktionen sind Tabelle 5-6 dargestellt. Für die Pkw sind sie so angepasst, dass die Zusammenhänge nach HBS optimal beschrieben werden können.

Neu gegenüber BASB 2000 sind eigene Q-V-Funktionen für Tempolimits (Beschränkung auf 120 km/h, auf 100 km/h, auf 80 km/h und auf 60 km/h) sowie für Tunnel und Arbeitsstellen auf Autobahnen.

Tabelle 5-5: Streckentypen auf planfreien zweibahnigen Straßen

Streckentyp	Funktions-Nr.	Beschreibung
2 * 1 * * * * * 0	1 wie 5	Rampe planfreier Knoten
$\frac{1}{2}$ * 2 * * 9* * 0	2	2 FS, mit und ohne Standstreifen, ohne Tempolimit
$\frac{1}{2}$ * 2 * 8* * 0	2a	2 FS, mit und ohne Standstreifen, T 120
$\frac{1}{2}$ * 2 * * 7* * 0	2b	2 FS, mit und ohne Standstreifen, T 100
$\frac{1}{2}$ * 2 * * 5* * 0	2c	2 FS, mit und ohne Standstreifen, T 80
$\frac{1}{2}$ * 2 * * 3* * 0	2d	2 FS, mit und ohne Standstreifen, T 60
$\frac{1}{2}$ * 2 * * * * * 1	2e	2 FS, mit und ohne Standstreifen, Tunnel
$\frac{1}{2}$ * 2 * * 2* * 0	2f	2 FS, mit und ohne Standstreifen, Arbeitsstelle
$\frac{1}{2}$ * 3 * * 9* * 0	3	3 FS, mit und ohne Standstreifen, ohne TL
$\frac{1}{2}$ * 3 * * 8* * 0	3a	3 FS, mit und ohne Standstreifen, T 120
$\frac{1}{2}$ * 3 * * 7* * 0	3b	3 FS, mit und ohne Standstreifen, T 100
$\frac{1}{2}$ * 3 * * 5* * 0	3c	3 FS, mit und ohne Standstreifen, T 80
$\frac{1}{2}$ * 3 * * 3* * 0	3d	3 FS, mit und ohne Standstreifen, T 60
$\frac{2}{1}$ * 3 * * * * * 1	3e	3 FS, mit und ohne Standstreifen, Tunnel
$\frac{1}{2}$ * 4 * * 9* * 0	4	4 FS, mit und ohne Standstreifen, ohne TL
$\frac{1}{2}$ * 4 * * 8* * 0	4a	4 FS, mit und ohne Standstreifen, T 120
$\frac{1}{2}$ * 4 * * 7* * 0	4b	4 FS, mit und ohne Standstreifen, T 100
$\frac{1}{2}$ * 4 * * 5* * 0	4c	4 FS, mit und ohne Standstreifen, T 80
$\frac{1}{2}$ * 4 * * 3* * 0	4d	4 FS, mit und ohne Standstreifen, T 60

Tabelle 5-6: Parameter der Q-V-Funktionen 2, 3 und 4

Fkt.-Nr.		v_0	v_1	v_2	s_1	s_3	k_1	p_1	p_2	v_{Stau}
		[km/h]			[%]		[1e-3 (gon/km)$^{-1}$]		[(Kfz/h)$^{-1}$]	[km/h]
Pkw	2	150	4	2,0E-02	1	4	1	0,6	1,80E-03	20
	2a	139	4	8,0E-03	1	4	1	0,6	1,72E-03	20
	2b	123	4	5,0E-03	1	4	1	0,6	1,75E-03	20
	2c	107	4	1,0E-03	1	4	1	0,6	2,00E-03	20
	2d	80	4	5,0E-04	1	4	1	0,6	2,05E-03	20
	2e	110	4	3,0E-03	1	4	1	0,6	1,83E-03	20
	2f	94	4	5,0E-03	1	4	1	0,6	2,00E-03	20
	3	150	4	1,0E-02	1	4	1	0,6	1,33E-03	20
	3a	139	4	9,0E-03	1	4	1	0,6	1,17E-03	20
	3b	123	4	8,0E-03	1	4	1	0,6	1,14E-03	20
	3c	107	4	4,0E-03	1	4	1	0,6	1,19E-03	20
	3d	80	4	2,0E-03	1	4	1	0,6	1,22E-03	20
	3e	110	4	1,0E-02	1	4	1	0,6	1,10E-03	20
	4	150	4	5,0E-03	1	4	1	0,6	1,01E-03	20
	4a	139	4	2,5E-03	1	4	1	0,6	1,06E-03	20
	4b	123	4	2,0E-03	1	4	1	0,6	1,06E-03	20
	4c	107	4	1,0E-03	1	4	1	0,6	1,10E-03	20
	4d	80	4	5,0E-04	1	4	1	0,6	1,13E-03	20
SV	2	96	6	1,0E-01	-	4	1	-	1,00E-02	20
	2c	90	6	1,0E-01	-	4	1	-	9,50E-03	20
	2d	70	6	1,0E-02	-	4	1	-	1,18E-02	20
	3	96	6	3,0E-02	-	4	1	-	7,50E-03	20
	3c	90	6	3,0E-02	-	4	1	-	7,20E-03	20
	3d	70	6	3,0E-03	-	4	1	-	8,80E-03	20
	4	96	6	1,0E-02	-	4	1	-	7,50E-03	20
	4c	90	6	1,0E-02	-	4	1	-	7,30E-03	20
	4d	70	6	1,0E-03	-	4	1	-	8,70E-03	20

b) Plangleiche Außerortsstraßen

Das vorliegende Verfahren findet insbesondere auf einbahnigen Straßen mit plangleichen Knotenpunkten Verwendung. Analog zu den BAB sind in Tabelle 5-7 die im aktuellen Bewertungsverfahren verwendeten Streckentypen nach Abbildung 5-2 auf plangleichen Außerortsstraßen dargestellt und die Nummern der zugehörigen Q-V-Funktionen angegeben.

Tabelle 5-7: Streckentypen auf plangleichen Außerortsstraßen

Streckentyp	Funktions-Nr.	Beschreibung
4 2/6 9 * * * * * 0	9	„2+1“, RQ 15,5
4 1/5 1 2 * * * * 0	5	1 FS je Richtung, FB ≥ 7,5m, RQ11, RQ12
4 1/5 1 3 * * * * 0	5a	1 FS je Richtung, FB ≥ 6,5 m bis < 7,5 m, RQ10,5
4 2/6 1 3 * * * * 0	6	1 FS je Richtung, FB ≥ 6,0 m bis < 6,5 m, RQ9,5
4 2/6 1 4 * * * * 0	6a	1 FS je Richtung, FB ≥ 5,5 m bis < 6,0 m , RQ7,5
4 2/6 1 5 * * * * 0	6b	1 FS je Richtung, FB ≥ 4,0 m bis < 5,5 m
4 * 1 * 1 * * 1	6c	1 FS je Richtung, Tunnel, Steigungsklasse 1
4 * 1 * 2 * * * 1	6d	1 FS je Richtung, Tunnel, Steigungsklasse 2
3 1/2/5 4 6 2 * * * * * 0	7	2 FS je Richtung, RQ 20
3 2 4 6 3 * * * * * 0	8	3 FS je Richtung

Die einstreifigen Landstraßen erhalten die Q-V-Funktionen Nummern 5 (mit Seitenstreifen) und 6 (ohne Seitenstreifen, hier wird die Kapazität etwas niedriger angenommen). Die davon abgeleiteten Funktionen 5a, 6a und 6b unterscheiden sich durch etwas schmalere Fahrbahnbreiten. Dies ist, wie im Abschnitt „Streckentypisierung“ beschrieben, in der vierten Kennziffer des Streckentyps codiert. Die Funktionen 7 und 8 beschreiben weiterhin die mittleren Geschwindigkeiten je Richtung auf zwei- bzw. dreistreifigen Außerortsstraßen. Die Funktion 9 ist für den Streckentyp „2+1“ neu hinzugekommen, was in der dritten Kennziffer durch den Wert „9“ codiert ist.

$$V_P(Q) = \max\left(\left\{V_0 - V_1 \cdot \left(1 + p_{SV}\frac{|s+s_1|}{s_2}\right) \cdot \cosh\left(\frac{s+s_1}{s_3}\right)\right\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot \exp\left(\left[\frac{KU+k_2}{k_2}\right]^{p_1} \cdot p_2 \cdot Q\right), V_{Stau}\right)$$

Gl. 5-2: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 1, 5 und 6 (Pkw)

Die funktionale Abhängigkeit der Funktionen 1, 5 und 6 für Pkw von Steigung *s*, Kurvigkeit *KU* und Verkehrsmenge *Q* ist in Gl. 5-2 dargestellt Die Parameter der Funktionen sind in Tabelle 5-9 angegeben.

In den Q-V-Funktionen 5a, 6a und 6b sind wegen geringerer Fahrbahnbreiten die mittleren erreichbaren Pkw-Höchstgeschwindigkeiten gegenüber den Funktionen 5 und 6 reduziert.

Durch Verkleinern des Parameters V_0 ergibt sich eine Minderung der mittleren Pkw-Höchstgeschwindigkeit V_{max} gleicher Größe, beide Werte sind für die Funktionen 5, 5a, 6, 6a und 6b ist in Tabelle 5-8 angegeben. Bei noch schmaleren Straßenquerschnitten wird eine zusätzliche Minderung von V_0 um 2 km/h pro 50 cm Reduktion der Fahrbahnbreite in Funktion 6 vorgenommen.

Tabelle 5-8: Minderung der Pkw-Geschwindigkeiten auf schmalen Landstraßen

Fahrbahnbreite B	Funktions-Nr.	V_0 [km/h]	V_{max} [km/h]	Streckentyp
B ≥ 7,5 m	5	210	97	4512/4611
6,5 m ≤ B < 7,5 m	5a	207	94	4513/4612
6,0 m ≤ B < 6,5 m	6	204	90	4613
5,5 m ≤ B < 6,0 m	6a	199	86	4614
4,0 m ≤ B < 5,5 m	6b	194	82	4615

Die Funktion 9 bildet die Geschwindigkeiten für den ein- und zweistreifigen Bereich gemittelt ab, wobei die Kapazität des einstreifigen Teils übernommen wird. Dadurch kann eine einheitliche Funktion für die gesamte Strecke konstruiert und an die gemittelten Werte nach /BMVBS 2004/ angepasst werden, sie ist in Gl. 5-3 angegeben, die zugehörigen Parameter in Tabelle 5-9.

$$V_P(Q) = \max\left(\left\{V_0 - V_1 \cdot \left(1 + p_{SV}\,\frac{|s + s_1|}{s_2}\right) \cdot \cosh\left(\frac{s + s_1}{s_3}\right)\right\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot e^{p_2 \cdot Q}\,,\, V_{Stau}\right)$$

Gl. 5-3: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktion 9 („2+1“) für Pkw

Die funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 9 für den Schwerverkehr ist zusammen mit den Funktionen 1, 5 und 6 der Gl. 5-4 zu entnehmen.

$$V_{SV}(Q_{SV}) = \max\left(\left\{V_0 - V_1 \cdot \cosh\left(\frac{s + s_1}{s_3}\right)\right\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot e^{p_2 \cdot Q_{SV}}\,,\, V_{Stau}\right)$$

Gl. 5-4: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 1, 5, 6 und 9 (SV)

Plangleiche Außerortsstraßen mit zwei und drei Fahrstreifen je Richtung

Für je Richtung zwei- und dreistreifige plangleiche Außerortsstraßen werden mittlere Geschwindigkeiten von Pkw wie auch SV in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke durch Gl. 5-5 beschrieben.

$$V_P(Q) = \max(\{V_0 - V_1 \cdot e^{s/s_3}\} \cdot e^{-k_1 KU} - V_2 \cdot e^{p_2 \cdot Q}, V_{Stau})$$, $V_{sv}(Q_{sv})$ analog

Gl. 5-5: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 7 und 8 (Pkw und SV)

Für den Schwerverkehr wird analog zum Vorgehen bei den BAB jeweils eine eigene Funktion für zwei- und dreistreifige Außerortsstraßen angesetzt.

Die Parameter für alle oben genannten plangleichen Außerortsstraßen sind in Tabelle 5-9 aufgelistet.

Tabelle 5-9: Parameter der Q-V-Funktionen für plangleiche Außerortsstraßen

Fkt.-Nr.		v_0	v_1	v_2	s_1	s_2	s_3	k_1	k_2	p_1	p_2	v_{Stau}
		[km/h]			[%]			[1e-3 (gon/km)$^{-1}$]	[gon/km]		[1e-3 (Kfz/h)$^{-1}$]	[km/h]
Pkw	1, 5	210	105	0,150	1,0	20	15,0	1,8	37,5	0,1	3,8	10
	5a	207	105	0,150	1,0	20	15,0	1,8	37,5	0,1	3,8	10
	6	204	105	0,150	1,0	20	15,0	1,8	37,5	0,1	4,0	10
	6a	199	105	0,150	1,0	20	15,0	1,8	37,5	0,1	4,0	10
	6b	194	105	0,150	1,0	20	15,0	1,8	37,5	0,1	4,0	10
	9	212	105	0,005	1,0	20	15,0	1,0	-	-	5,1	10
	7	116	8	0,100	-	-	4,3	1,0	-	-	1,9	10
	8	116	8	0,010	-	-	4,3	1,0	-	-	1,7	10
SV	5	160	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	30,0	10
	5a	158	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	30,0	10
	6	155	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	33,0	10
	6a	153	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	33,0	10
	6b	151	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	33,0	10
	9	167	85	0,100	1,5	-	10,0	1,0	-	-	25,0	10
	7	89	6	0,100	-	-	4,3	1,0	-	-	11,1	10
	8	89	6	0,050	-	-	4,3	1,0	-	-	9,0	10

Tunnel

Die Geschwindigkeiten innerhalb von Tunneln im Zuge der Landesstraßen werden durch die Gl. 5-6 abgebildet. Die erforderlichen Parameter sind der Tabelle 5-10 zu entnehmen.

$$V_{Tunnel} = \begin{cases} V_0 + b \cdot q \\ V_{Stau} \end{cases} \quad \text{mit } b = -1{,}53 \times 10^{-2}\, km / Kfz \quad \text{für} \quad q \begin{cases} \geq \\ < \end{cases} \quad 1450\ Kfz / h \quad \text{bzw.} \quad 1750\ Kfz / h$$

Gl. 5-6: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktion 6c und 6d in Landstraßentunneln

Tabelle 5-10: Parameter der Q-V-Funktionen für Landstraßentunnel

Tempolimit	Steigung	V_0 [km/h]	V_{Stau}[km/h]
T 80	< 2 %	85	10
T 70	< 2 %	75	10
T 60	< 2 %	65	10
T 80	< 3%	82	10
T 70	< 3%	72	10
T 60	< 3%	62	10

Nach HBS hat der Einfluss des Schwerverkehrs im Tunnel angesichts der beschränkten zulässigen Höchstgeschwindigkeit keinen Einfluss auf die mittlere Geschwindigkeit der Pkw, es wird ein generelles Überholverbot vorausgesetzt. Unter diesen Voraussetzungen kann Gl. 7-6 auch für den Schwerverkehr verwendet werden.

Knotenpunkte

Knotenpunkte und Einmündungen insbesondere im Außerortsbereich können die Ergebnisse der Projektbewertungen deutlich beeinflussen und sind daher zu berücksichtigen. Die Kreuzungen und Einmündungen im Zuge der bevorrechtigten Verkehrsstraßen stellen ein geringeres Hindernis dar, während Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen erheblichen Einfluss auf die Geschwindigkeiten ausüben.

diese Einflusse werden im Bewertungsverfahren dahingehend berücksichtigt, dass im Einflussbereich der Knotenpunkte (100 m vor bzw. nach Knotenpunkt) die folgende max Geschwindigkeiten in abhängigkeit von der Lage igi ago angesetzt werden.

Für eine praktische Anwendung kann unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Pre-Tests für die Beschreibung der Knotenpunkteinflüsse auf den Verkehrsablauf im Bereich von jeweils 100m von folgenden Ansätzen ausgegangen werden:

Knotenpunkt	Außerorts	Innerorts
Vorfahrtberechtigt	70 km/h	--
Kreisverkehr	50 km/h	30 km/h
Lichtsignalanlage	35 km/h	25 km/h
Stoppschild	25 km/h	20 km/h

Ansonsten wurde bei Streckenabschnitten mit Vorfahrtsberechtigung die Streckenqualität um eine Stufe (4 Kennziffer des Streckentyps) gemindert, bei nicht Vorfahrtsberechtigung um zwei Stufen.

c) Innerortsstraßen

Analog zu planfreien Straßen und plangleichen Außerortsstraßen sind in Tabelle 5-11 die im aktuellen Bewertungsverfahren verwendeten Streckentypen nach Abbildung 5-2 des vorherigen Kapitels auf plangleichen Außerortsstraßen dargestellt und die Nummern der zugehörigen Q-V-Funktionen angegeben (Funktionsnummer 10 bis Funktionsnummer 20). Ebenfalls aufgelistet sind die entsprechenden Q-V-Funktionen nach BASB 2000 sowie die Streckentypen nach EWS 1997. Die funktionale Form wird aus BASB 2000 übernommen, siehe Gl. 5-7.

$$V_P(Q) = V_{SV}(Q) = \max(V_0 - V_2 \cdot e^{p_2 \cdot Q}, V_{Stau})$$

Gl. 5-7: Funktionale Beschreibung der Q-V-Funktionen 10 – 20 (Pkw und SV)

Sämtliche Parameter für Innerortsstraßen sind in Tabelle 5-12 aufgelistet.

Innerhalb geschlossener Ortschaften wird bei der Ermittlung der Geschwindigkeiten, analog zu EWS 1997 und BVWP 2003, nicht zwischen den Fahrzeuggruppen P und SV differenziert. Demnach gelten die angegebenen Geschwindigkeitsfunktionen einheitlich für Pkw und SV.

Tabelle 5-11: Streckentypen igo

Streckentyp	Funktions-Nr.	Beschreibung
4 7 1 1 * * * * *	10	1 FS je Richtung, anbaufrei, mit Parkstreifen Qualität: sehr gut
4 8 1 1 * * * * *	20	1 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: sehr gut
4 7 1 2 * * * * *	20	1 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: gut
4 8 1 2 * * * * *	14	1 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: gut
4 7 1 3 * * * * *	14	1 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: befriedigend
4 8 1 3 * * * * *	15	1 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: befriedigend
4 7 1 4 * * * * *	15	1 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: ausreichend
4 8 1 4 * * * * *	16	1 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: ausreichend
4 7 1 5 * * * * *	16	1 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: mangelhaft
4 8 1 5 * * * * *	16	1 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: mangelhaft
3 4 7 2 1 * * * * *	11	2 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: sehr gut
3 4 8 2 1 * * * * *	11	2 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: sehr gut
3 4 7 2 2 * * * * *	11	2 FS je Richtung, mit Parkstreifen Qualität: gut
3 4 8 2 2 * * * * *	17	2 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: gut
3 4 7 8 2 3 4 5 * * * * *	17	2 FS je Richtung, Qualität: befriedigend, ausreichend, mangelhaft
3 4 8 3 1 2 * * * * *	12	3 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: sehr gut, gut
3 4 8 3 3 4 5 * * * * *	18	3 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: befriedigend, ausreichend, mangelhaft
3 4 8 4 1 2 * * * * *	13	4 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: sehr gut, gut
3 4 8 4 3 4 5 * * * * *	19	4 FS je Richtung, ohne Parkstreifen Qualität: befriedigend, ausreichend, mangelhaft

Tabelle 5-12: Parameter der Q-V-Funktionen igo

Funktions-Nr.	v_0	v_2	p_2	v_{Stau}
	[km/h]		[1e-3 (Kfz/h)$^{-1}$]	[km/h]
10	60	0,1	5,20	10
20	50	0,1	6,00	10
11	70	0,1	2,15	10
12	70	0,1	1,37	10
13	70	0,1	1,15	10
14	45	0,1	7,00	5
15	40	0,1	7,30	5
16	35	0,1	7,40	5
17	60	0,1	3,20	5
18	60	0,1	1,85	5
19	60	0,1	1,50	5

d) Schwerverkehr-Äquivalenzfaktoren

Die mittleren Pkw-Geschwindigkeiten werden insbesondere im Außerortsbereich durch den langsameren Schwerverkehr (SV) beeinflusst. Dies wird berücksichtigt durch Umrechnen des SV-Anteils in äquivalente Pkw-Einheiten durch Multiplikation mit einem SV-Äquivalenzfaktor *f*. Eingangsgröße für die Mengen-Geschwindigkeits-Funktionen ist dann nicht mehr die Gesamtverkehrsstärke Q_{Kfz}, sondern die in Pkw-Einheiten umgerechnete Verkehrsstärke $Q_{Pkw\text{-}E}$:

$$Q = Q_{Pkw\text{-}E} = (Q_{Kfz} - Q_{Lkw}) + Q_{Lkw} \cdot f$$

Bislang wurde in Übereinstimmung mit BVWP und EWS pauschal für alle Streckentypen *f*=2 angesetzt. Die einschlägigen Untersuchungen /MARX; PICHLER 1995/ belegen allerdings, dass auf einstreifigen Außerortsstraßen mit hohem SV-Anteil und geringen Möglichkeiten zum Überholen der Einfluss des Schwerverkehrs bedeutend größer sein kann. Daher werden bei der Bewertung der Staatsstraßen für einstreifige Außerortsstraßen höhere Äquivalenzfaktoren verwendet. Die Ermittlung dieser Faktoren erfolgt auf der Grundlage der Gl. 5-8:

$$f = \max\left\{1 + \exp\left(\left[\frac{s + s_0}{s_1}\right]^3 \Big/ \left(1 + p_{SV}\right)\right),\ 2\right\},\ \text{mit } s_0 = 1{,}5\%\ \text{ und } s_1 = 7{,}4\%$$

Gl. 5-8: Schwerverkehr-Äquivalenzfaktor f in Abhängigkeit von Steigung s und SV-Anteil p_{SV} für einstreifige Landstraßen

Die sich daraus ergebenden SV-Äquivalenzfaktoren sind für verschiedene Steigungen und SV-Anteile in Tabelle 5-13 dargestellt. Folgende Abhängigkeiten sind dabei qualitativ umgesetzt worden:

- Für Gefällestrecken wird, in Übereinstimmung mit /MARX; PICHLER 1995/ ein einheitlicher Wert von *f*=2 festgelegt. Dieser Wert wird jedoch erst bei einer Steigung von *s*=–1,5% erreicht, bei der die mittlere SV-Geschwindigkeit maximal ist.
- Durch die kubische Abhängigkeit von der Steigung werden die SV-Faktoren für hohe Steigungen extrem groß. Auch wenn dies selten auftritt, werden die Werte nach oben durch den Wert f_{max}=10 begrenzt, da für diesen Bereich keine Messungen vorliegen.
- Bei zunehmendem SV-Anteil nimmt dessen Einfluss auf die mittlere Pkw-Geschwindigkeit ab.

Tabelle 5-13: Schwerverkehr-Äquivalenzfaktoren

p_{sv} / s[%]	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
-1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
0,00	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
1,50	2,07	2,07	2,06	2,06	2,06	2,05	2,05
4,00	2,51	2,48	2,45	2,43	2,41	2,39	2,37
6,00	3,83	3,70	3,58	3,47	3,38	3,30	3,23
8,00	9,30	8,50	7,84	7,30	6,83	6,43	6,09
10,00	43,66	36,67	31,33	27,14	23,82	21,14	18,94

Schwerverkehr-Äquivalenzfaktoren f *nach Gl. 5-8 in Abhängigkeit von SV-Anteil* p_{SV} *(erste Zeile) und Steigung* s *(erste Spalte), die Faktoren sollten auf den Wert 10 begrenzt werden*

Die Auswirkungen des Schwerverkehrs auf den Verkehrsablauf im innerörtlichen Straßennetz sowie im Zuge der mehrstreifigen Außerortsstraßen und Autobahnenstrecken wurden nicht untersucht. Für diese Streckentypen erfolgte daher die Berechnung der Pkw-Einheit analog zu BVWP und EWS weiterhin mit Faktor *f*=2.

5.5 Datensätze zur Wirkungsermittlung

5.5.1 Datenkatalog zur Projektbewertung

Die Grundlage für die Bewertung eines Projektes bilden die Strecken- und Verkehrsdaten für den Vergleichs- und Planfall. Tabelle 5-14 zeigt den für das Bewertungsverfahren relevanten Datenkatalog und gibt eine Übersicht über die Relevanz der einzelnen Größen für die Bewertungskomponenten.

Die im Datenkatalog verwendeten Abkürzungen bedeuten:

Nutzenkomponenten

NW	Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltskosten
NB	Veränderung der Fahrzeugvorhaltungs- und Betriebsführungskosten
NE	Veränderung der Erreichbarkeit
NS	Veränderung der Verkehrssicherheit
NU	Veränderung der Umweltbelastung
NF	Veränderung der Flächenverfügbarkeit
NA	Erhaltung der Artenvielfalt
NR	Raumordnungsaspekte auf landespolitischer und regionaler Ebene
NFw	Veränderung des Erholungs- und Freizeitwertes

Verkehrsdaten

DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
w, u, s	Werktage, Urlaubswerktage, Sonntage und gesetzliche Feiertage

Unfalldaten

igo	innerhalb geschlossener Ortschaften
ago	außerhalb geschlossener Ortschaften
U(P)	Unfälle mit Personenschaden
U(S)	Unfälle mit Sachschaden
T	Anzahl der Getöteten
SV	Anzahl der Schwerverletzten
LV	Anzahl der Leichtverletzten

Tabelle 5-14: Datenkatalog zur Projektbewertung (Teil 1)

	NW	NB	NE	NS	NU
Streckendaten vg/pl					
Fahrbahnlänge [km]	x	x	x	x	x
Fahrbahnbreite [m]	x	x	x		x
Summe der Höhendifferenzen [m]		x	x		x
Kurvigkeit [gon/km]		x	x		x
Knotenpunkte und Kreisverkehrsplätze		x	x	x	x
Gehwegbreite [m]	x				
Radwegbreite [m]	x				
Zustandsnoten	x				
Stadtmodellbausteine					x
Art der baulichen Nutzung					x
Verkehrsdaten vg/pl					
Verkehrsstärken [DTV]		x	x	x	x
Verkehrszusammensetzung		x	x		x
Fahrzweckgruppen [w,u,s]		x	x		x
Unfalldaten igo/ago					
Anzahl der Unfälle (P,S)				x	
Anzahl der Personenschäden (T,SV,LV)				x	
Radfahrerbeteiligung				x	
Unfallhäufung				x	
Kosten					
aller Anlagenteile *oder* nach repräsentativer Aufteilung					
Erhaltung und Erneuerung	x				
Umwelt					x
Sonstiges					
Projektbeschreibung	x	x	x	x	x
Lageskizze		x	x	x	x
Luftbildkarte / topographische Karte	x	x	x	x	x
Einwohner					x
Verkehrsbeeinträchtigungen		x	x	x	x
Gefahrenstellen				x	
Verkehrsuntersuchungen		x	x	x	x

Tabelle 5-14: Datenkatalog zur Projektbewertung (Teil 2)

	NF	NA	NR	NFw	K
Streckendaten vg/pl					
Fahrbahnlänge [km]	x	x	x	x	
Fahrbahnbreite [m]	x	x	x	x	
Summe der Höhendifferenzen [m]			x	x	
Kurvigkeit [gon/km]			x	x	
Knotenpunkte und Kreisverkehrsplätze			x	x	
Gehwegbreite [m]	x		x	x	
Radwegbreite [m]	x		x	x	
Zustandsnoten					
Stadtmodellbausteine			x	x	
Art der baulichen Nutzung	x			x	
Verkehrsdaten vg/pl					
Verkehrsstärken [DTV]	x		x	x	
Verkehrszusammensetzung			x	x	
Fahrzweckgruppen [w,u,s]			x	x	
Unfalldaten igo/ago					
Anzahl der Unfälle (P,S)			x		
Anzahl der Personenschäden (T,SV,LV)			x		
Radfahrerbeteiligung			x		
Unfallhäufung					
Kosten					
aller Anlagenteile *oder* nach repräsentativer Aufteilung			x		x
Erhaltung und Erneuerung					
Umwelt		x	x	x	
Sonstiges					
Projektbeschreibung	x	x	x	x	
Lageskizze	x	x	x	x	
Luftbildkarte / topographische Karte	x	x	x	x	
Einwohner				x	
Verkehrsbeeinträchtigungen				x	
Gefahrenstellen					
Verkehrsuntersuchungen				x	

5.5.2 Fahrzeuge

Fahrzeugstruktur

Zur Berechnung einiger Nutzenkomponenten ist eine weitere Differenzierung der Transportarten Personen- und Schwerverkehr nach den acht Fahrzeuggruppen erforderlich:

- FZ-Gruppe P: Personenwagen und vergleichbare Fahrzeuge
  - PO = Pkw mit Ottomotor inkl. motorisierte Zweiräder
  - PD = Pkw mit Dieselmotor
- FZ-Gruppe B: Kraftomnibusse
  - RB = Reisebusse
  - LB = Linienbusse
- Fahrzeuggruppe L: Lastkraftwagen
  - LN = Lkw ≤ 3,5 t zulässiger Gesamtmasse mit und ohne Anhänger
  - LS = Lkw > 3,5 t zulässiger Gesamtmasse ohne Anhänger, auch landwirtschaftliche und Spezialfahrzeuge
- FZ-Gruppe Z: Lastzüge
  - ZL = Lkw > 3,5 t zulässiger Gesamtmasse mit Anhänger
  - ZS = Sattelkraftfahrzeuge und Zugmaschinen mit Anhänger

Die Untergliederung der Verkehrsdaten wird gemäß den straßentypspezifischer Aufteilungsverhältnisse in Bayern nach der Straßenverkehrszählung 2005 /BAST 2007/, /BMVBS 2003/, /BMVBS 2007/ durchgeführt und ist in Tabelle 5-15 bzw. Tabelle 5-16 dargestellt. Dabei wird der Dieselanteil an den Pkw in Übereinstimmung mit der BVWP 2003 für alle Straßentypen als konstant angenommen, es wird der Wert 44% angesetzt (Prognose des Handbuchs Emissionsfaktoren Version 2.1 /IFEU 2004/ für das Jahr 2020).

Tabelle 5-15: Prozentuale Fahrleistungen der FZ-Gruppen PO, PD und LN

	Autobahnen	Bundesstraßen	Staatsstraßen	Kreisstraßen
PO	53,1%	54,9%	55,5%	55,7%
PD	41,6%	41,8%	41,6%	41,5%
LN	5,3%	3,3%	2,8%	2,8%
Summe	100%	100%	100%	100%

Quellen: Straßenverkehrszählung 2005 /BAST 2007/, Verkehr in Zahlen 2007/2008 /BMVBS 2007/, Bundesverkehrswegeplanung 2003 /BMVBS 2003/

Tabelle 5-16: Prozentuale Fahrleistungen der FZ-Gruppen RB, LB, LS, ZL und ZS

	Autobahnen	Bundesstraßen	Staatsstraßen	Kreisstraßen
RB	3,8%	4,6%	8,4%	3,9%
LB	0,5%	2,3%	4,2%	9,2%
LS	19,0%	31,3%	44,1%	46,7%
ZL	38,0%	34,1%	23,9%	24,4%
ZS	38,6%	27,7%	19,4%	15,8%
Summe	100%	100%	100%	100%

Quellen: Straßenverkehrszählung 2005 /BAST 2007/, Verkehr in Zahlen 2007/2008 /BMVBS 2007/, Bundesverkehrswegeplanung 2003 /BMVBS 2003/

Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der gewählten Repräsentativfahrzeuge

Zur Berechnung der durchschnittlichen Kosten, die durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen, werden für die einzelnen acht Fahrzeuggruppen Repräsentativfahrzeuge festgelegt. Auf dieser Basis werden für Otto- und Diesel-Pkw (Fahrzeuggruppen PO und PD), für leichte und schwere Transportfahrzeuge (Fahrzeuggruppen LN und LS), für Linien- und Reisebusse (Fahrzeuggruppen LB und RB) sowie für Last- und Sattelzüge (Fahrzeuggruppen ZL und ZS) Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte zum Preisstand 2009 ermittelt, die als Wertansätze zur Monetarisierung der fahrleistungs- und zeitabhängigen Nutzenkomponenten bei der gesamtwirtschaftlichen Bewertung angewendet werden.

Da innerhalb der gewählten Fahrzeuggruppen zum Teil große Variabilität besteht, werden Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte zunächst für Untergruppen berechnet. Aus den Einzelwerten werden fahrleistungsgewichtete Mittelwerte gebildet, welche die Fahrzeuggruppen besser repräsentieren als Einzelfahrzeuge. Die ausführliche Beschreibung der Berechnungsmethodik, benötigten Basisdaten und Darstellung der ausgewählten Repräsentativfahrzeuge sind den Untersuchungen in /AVISO 2010/ zu entnehmen.

Personenkraftwagen

Bei den Pkw wird neben der Aufteilung nach Antriebsart (Ottoantrieb PO und Dieselantrieb PD) eine Aufteilung nach Hubraumklasse (cm^3) vorgenommen. Aus den Ergebnissen einzelner Fahrzeuguntergruppen werden wie beschrieben fahrleistungsgewichtete Mittelwerte abgeleitet. Die sich damit ergebenden Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten sind in Tabelle 5-17 dargestellt.

Tabelle 5-17: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Pkw

	Betriebskostengrundwert Wert [€ / 100 km]	Vorhaltungskosten Wert [€ / Fz-h]
PO	10,66	1,27
PD	10,98	1,43

Transportfahrzeuge ohne Anhänger

Die Transportfahrzeuge sind zunächst in die Gruppen LN (leichte Nutzfahrzeuge bis maximal 3,5 t zulässiger Gesamtmasse) und LS (schwere Lkw) eingeteilt. Innerhalb dieser werden anschließend Untergruppen gebildet und unter Berücksichtigung der Bestandsdaten geeignete Repräsentativfahrzeuge ausgewählt, für die dann entsprechende Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten ermittelt werden. Wie bei den Pkw werden abschließend aus den Kostensätzen einzelner Repräsentativfahrzeuge der Untergruppen fahrleistungsgewichtete Mittelwerte gebildet /AVISO 2010/. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-18 dargestellt.

Tabelle 5-18: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Transportfahrzeuge

	Betriebskostengrundwert Wert [€ / 100 km]	Vorhaltungskosten Wert [€ / Fz-h]
LN	12,72	1,41
LS	24,66	1,89

Linien- und Reisebusse

Die Kraftomnibusse werden unterteilt in Reisebusse und Linienbusse. Von 1995 bis 2007 hat eine signifikante Änderung der Verteilung hin zu größeren Fahrzeugen stattgefunden. Während der Anteil der Kraftbusse mit zulässiger Gesamtmasse bis 16 t im Jahre 1995 noch bei 54 % lag, beträgt er im Jahre 2007 nur noch 32 %, in Bayern im Januar 2008 sogar nur 24 %. Dies wird auch an den aktuellen Neufahrzeugen deutlich: Es werden kaum noch Busse mit einer zulässigen Gesamtmasse unter 18 t angeboten (Internet und /VMV 2009/). Für die Ermittlung der Kostensätze werden die Kraftomnibusse daher in die Gewichtsklassen bis einschließlich 18 t Gesamtmasse (aktueller Standard für Linien- und Reisebusse) und über 18 t Gesamtmasse (große Reisebusse und Gelenkbusse) eingeteilt. Die für diese Fahrzeuggruppen ermittelten Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten sind als Durchschnittswerte in Tabelle 5-19 dargestellt.

Tabelle 5-19: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Kraftomnibusse

	Betriebskostengrundwert Wert [€ / 100 km]	Vorhaltungskosten Wert [€ / Fz-h]
Reisebus	46,59	5,71
Linienbus	76,53	5,63

Lastzüge

Bei den Lastzügen werden zwischen Zugfahrzeug und Sattelzug unterschieden, für die jeweils ein Repräsentativfahrzeug mit Anhänger bzw. mit Sattelauflieger ausgewählt wird. Die Berechnung der Kostensätze erfolgt zunächst für die gewählten Fahrzeuge und für den Anhänger bzw. Sattelauflieger getrennt und werden anschließend addiert. Damit ergeben sich für die beiden Untergruppen innerhalb der Lastzüge Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten, die in Tabelle 5-20 dargestellt sind.

Tabelle 5-20: Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für die Last- und Sattelzüge

	Betriebskostengrundwert Wert [€ / 100 km]	Vorhaltungskosten Wert [€ / Fz-h]
Lkw mit Anhänger	27,64	2,96
Sattelzug	28,14	3,39

5.6 Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses

Die Bewertungsgröße der Nutzen-Kosten-Analyse ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV), also der Quotient des monetär quantifizierten jährlichen Projektnutzens und der zu berücksichtigenden annuisierten Kosten. Es setzt sich zusammen aus den Teilbeiträgen der berücksichtigten Nutzenkomponenten:

$$NKV = \frac{\sum_i N_i}{K},$$

Darin bedeuten:

K Gesamtkosten des zu bewertenden Projekts [€/a],

i Index der Nutzenbeiträge,

N_i berücksichtigte Nutzenkomponenten.

Das NKV gibt an, wie viele Euro Nutzen pro eingesetzten Euro auf der Kostenseite zu erwarten sind. Ein Projekt, das mit einem NKV ≥ 1 bewertet wird, gilt als bauwürdig.

Die monetäre Bewertung von Projektnutzen und -kosten erfolgt nach der Annuitätenmethode, es werden jeweils die kalkulatorischen Jahreswerte (Annuitäten) bestimmt und ins Verhältnis gesetzt. Dafür sind folgende Grundsätze zu beachten.

- Um die zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Nutzen- und Kostenströme vergleichen zu können, werden diese auf einen gemeinsamen **Bezugszeitpunkt** auf- oder abgezinst. Gewählt wird hier der 1. Januar des Jahres nach der Verkehrsübergabe.
- Als **Prognosehorizont** für die zugrunde gelegten Strukturdaten (Bevölkerungs- und Arbeitsmarktentwicklung) sowie für die Verkehrsprognose wird das Jahr 2025 vorgegeben.
- Nutzen und Kosten werden einheitlich zum **Preisstand** des Jahres 2009 angegeben.
- Da die Projektwirkungen in konstanten Preisen berechnet werden, darf auch der zur Aktualisierung der Nutzen- und Kostenströme verwendete Zinssatz keine Inflationserwartung enthalten. Für die Höhe der **Aktualisierungsrate** wird in Übereinstimmung mit BASB 2000 und BVWP 2003 p = 3% gemacht.
- Der **Betrachtungszeitraum** entspricht der mittleren Nutzungszeit der geplanten Projekte.

Kosten und Nutzen werden jeweils um die indirekten Steuern bereinigt.

6 Bestimmung der Nutzen- und Kostenkomponenten

Im folgenden Kapitel werden die Berechnungsvorschriften der Nutzenkomponenten beschrieben. Die Nutzenermittlung erfolgt in den Kategorien „Veränderung der Erhaltungskosten“ (Abschnitt 6.1), „Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit“ (Abschnitt 6.2), „Umwelt- und Raumnutzung“ (Abschnitt 6.3) sowie „Raumordnung und Entwicklung“ (Abschnitt 6.4).

6.1 Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten (NW_1, NW_2)

Alle Straßenbauprojekte führen in der Regel zu Änderungen in den Erneuerungs- bzw. Instandhaltungskosten. Nach der Erweiterung einer bestehenden Straße können unter Umständen Erneuerungsmaßnahmen, die ohne Umbau notwendig gewesen wären, entfallen. Diese positiven Nutzen werden in der Komponente NW_1 erfasst. Wird durch ein Neubauprojekt hingegen das Straßennetz vergrößert, so fallen kontinuierlich zusätzliche Unterhaltungs- und Instandhaltungskosten an. Diese bei Zunahme der Netzlänge negativen Nutzen werden in der Komponente NW_2 erfasst.

6.1.1 Veränderung der Erneuerungskosten (NW_1)

Durch eine Ausbaumaßnahme, bei der die Straße zu Teilen oder ganz erneuert wird, erübrigen sich anstehende Instandsetzungs- oder sogar Erneuerungsmaßnahmen. Die damit verbundenen Einsparungen werden in der Projektbewertung auf der Nutzenseite verbucht. Die Abschätzung der eingesparten Kosten erfolgt in Abhängigkeit vom Zustand der betrachteten Strecke. Bei ausschließlichen Neubauprojekten enthält die Komponente NW_1 keinen Beitrag zum NKV.

Die Bewertung des Streckenzustands erfolgt anhand der Daten der Zustandserfassung und –bewertung (ZEB), die in regelmäßigen Zeitintervallen durchgeführt wird. Die mit Hilfe eines Normierungsmaßstabes bewerteten Zustandsgrößen (allgemeine Unebenheit, Spurrinnentiefe, fiktive Wassertiefe, Griffigkeit, Netzrisse, Flickstellen) werden jeweils mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren zu den dimensionslosen Größen Gebrauchswert (GW, Perspektive der Nutzer beim Befahren der Straße) und Substanzwert Oberfläche (SWO, Perspektive des Baulastträgers) zusammengefasst. Die Gesamtzustandsnote ist definiert als der Maximalwert, also der ungünstigere Wert der beiden Teilgrößen. Die Abschätzung des Zustandes der Fahrbahnbefestigung im Prognosejahr (Substanzwert Bestand im Prognosejahr, SWB) wird mit Hilfe der Änderungen der Zustandsnoten für den SWO der letzten beiden Zustandserfassungen in den Jahren T_1 und T_2 vorgenommen. Wenn sich eine Zustandserfassung über mehrere Jahre erstreckt, wird das Jahr angesetzt, in das der Schwerpunkt der Kam-

pagne fällt. Wurden in diesem Zeitraum keine Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt, so soll für die Änderung ΔSWO / ΔT das Zeitintervall T_2 - T_1 betrachtet werden:

$$\frac{\Delta SWO}{\Delta T} = \frac{SWO_2 - SWO_1}{T_2 - T_1},$$

$SWO_{1,2}$: Zustandsnote für den SWO der Zustandserfassungen 1 und 2, in den Jahren $T_{1,2}$

Wurden in dem Zeitraum von T_1 bis T_2 bereits Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt, so wird die Änderung des SWO mit der Zeit nicht aus den Messungen am betrachteten Straßenzug abgeleitet, sondern es wird eine mittlere Steigung $(\Delta(SWO)/\Delta T)_m$ verwendet. Für diese wird der Durchschnittswert aus allen betrachteten Straßenbauprojekten angesetzt.

Der SWB wird abgeschätzt als lineare Extrapolation des SWO_2 der letzten Zustandserfassung im Jahr T_2 auf den Prognosehorizont T_{PH} = 2025. Der Wert wird dabei auf die schlechteste mögliche Zustandsnote 5 beschränkt:

$$SWB = \min\left(SWO_2 + \frac{\Delta SWO}{\Delta T} \cdot (T_{PH} - T_2), 5 \right)$$

Als Gesamtnote für den Substanzwert wird SW = *SWB* angesetzt, da dieser per Konstruktion nicht besser sein kann als der SWO. Zur Ermittlung der eingesparten Erneuerungskosten werden der Strecke in Abhängigkeit der Zustandsnoten gebräuchliche Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen zugewiesen.

Der Gebrauchswert wird in Abhängigkeit von den Merkmalen „Griffigkeit“ und „Spurrinnen“ sowie „Allgemeine Unebenheiten“ unterschieden. Die Zuordnung der Maßnahmenkosten wird wie in Tabelle 6-1 vorgenommen.

Tabelle 6-1: Eingesparte Erneuerungskosten (ohne MwSt.) bei Ausbauprojekten

Zustandswert	Zustandsnote	Bereich	Maßnahmenart	Kosten [€/m²]
GW – Griffigkeit	< 3,5	gut	---	--
	≥ 3,5 und < 4,5	schlecht	DB	7,00
	≥ 4,5	sehr schlecht	DH/DT	9,00
GW – Spurrinnen/ Allgemeine Unebenheiten	< 3,5	gut	---	--
	≥ 3,5 und < 4,5	schlecht	TD	18,00
	≥ 4,5	sehr schlecht	TG	40,00
SW	< 3,5	gut	---	--
	≥ 3,5 und < 4,5	schlecht	TD-TG	18,00-40,00
	≥ 4,5	sehr schlecht	TO	55,00

Quelle: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern

Die verwendeten Abkürzungen bedeuten:

DB Mikro-/Dünnschichtbelag

DH Hocheinbau der Deckschicht

DT Tiefeinbau der Deckschicht

TD Tiefeinbau der Decke

TG Tiefeinbau der gebundenen Schichten

TO Tiefeinbau des gesamten Oberbaus

Die Preise für TG und TO hängen stark von der Bauklasse und damit der Dicke des Oberbaus ab. Sind bei einer Zustandsnote je nach konkreter Situation mehrere Maßnahmen mit unterschiedlichen Kostensätzen möglich (z. B. SW = "schlecht": TD - TG), so wird bei der Bewertung pauschal der Mittelwert angesetzt.

Für die jährlichen Nutzen durch Einsparungen der Erneuerungskosten gilt:

$$NW_1 = \sum_i Kl_{i,j} \cdot L_i \ ,$$

Darin bedeuten:

L_i Länge des betrachteten Abschnitts *i* [km]

$Kl_{i,j}$ Kostensatz in Abhängigkeit von der eingesparten Maßnahme *j* auf Abschnitt *i*

Die jährlichen Kostensätze ergeben sich aus

$$Kl_{i,j} = 10^3 \cdot W_{i,j} \cdot a_j \cdot B_i$$ [€/(km·a)], worin

j є {DB, DH, DT, TD, TG, TO} die auf Abschnitt i entfallende Erhaltungsmaßnahme,

W_{ij} die Kosten für Maßnahme *j* auf Abschnitt i nach Tabelle 6-1 [€/m^2],

B_i die Breite von Abschnitt *i* [m] und

a_j [1/a] den Annuitätenfaktor für Maßnahme *j* bedeuten.

Für die mittleren Lebensdauern der Erhaltungsmaßnahmen werden aktuelle Werte angesetzt. Sie sind, ebenso wie die sich daraus unter Annahme einer Aktualisierungsrate von 3% ergebenden Annuitätenfaktoren, in Tabelle 6-2 dargestellt.

Tabelle 6-2: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren für Erhaltungsmaßnahmen

	T [a]	a [1/a]
DB	8,0	0,14246
DH	12,5	0,09712
DT	15,0	0,08377
TD	20,0	0,06722
TG	30,0	0,05102
TO	50,0	0,03887

Quelle: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern

Die Komponente NW_1 soll sowohl bei Ausbauprojekten als auch bei Neubauprojekten berücksichtigt werden.

6.1.2 Veränderung der Unterhaltungskosten (NW_2)

Die Nutzenkomponente NW_2 ergibt sich aus der Differenz der Gesamtunterhaltungskosten pro km und Jahr zwischen Vergleichsfall und Planfall.

Im vorliegenden Bewertungsverfahren werden als Datengrundlage die kilometerbezogenen Kostensätze für die Vollkosten des Betriebsdienstes verwendet. Diese Aufwendungen beinhalten die Kosten für Sofortmaßnahmen am Straßenkörper, für Grünpflege, für Wartung und Pflege der Straßenausstattung, für Reinigungsarbeiten, für den Winterdienst, für die Beseitigung von Unfallschäden sowie für Maßnahmen bei allgemeinen Kontroll- und Wartungstätigkeiten. Die Mittelwerte der Jahre 2007 und 2008 auf Ebene der Regierungsbezirke stellen eine hinreichend repräsentative Datenbasis dar. Andererseits ist die Differenzierung noch fein genug, um Unterschiede in der Topografie zwischen Gebirge und Ebene berücksichtigen zu können. Es besteht daher keine Notwendigkeit, Aufwendungen für den Winterdienst gesondert zu betrachten.

In den von der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern genannten Kostendaten werden die Gesamtkosten für Bundes- und Staatsstraßen pro Kilometer und Jahr gemeinsam ausgewiesen (4. Spalte in Tabelle 6-3). Daraus lassen sich unter der Annahme, dass das Verhältnis der kilometerbezogenen Kosten von Bundes- zu Staatsstraßen bayernweit näherungsweise als konstant angesetzt werden kann und unter Benutzung eines gesamtdeutschen Kostensatzes für den Betrieb von Bundesstraßen, die Ausgaben für die Staatsstraßen berechnen:

$$k_{SS} = \bar{k} \cdot \frac{L_{BS} + L_{SS}}{r \cdot L_{BS} + L_{SS}}, \quad \text{mit } r = \frac{k_{BS}}{k_{SS}} = \text{konstant}.$$

Darin bedeuten:

k_{SS} Gesamtkosten Betriebsdienst Staatsstraßen [€/(km·a)]
Mittelwert für Bayern 2008: $k_{SS} \approx 7.500$ €/(km·a) /OBB 2009b/,

k_{BS} Gesamtkosten Betriebsdienst Bundesstraßen [€/(km·a)]
Mittelwert für Deutschland 2007: $k_{BS} \approx 10.430$ [€/(km·a)] /ELSNER 2009/,

$\bar{k}$ Gesamtkosten Betriebsdienst für Bundes- und Staatsstraßen [€/(km·a)] und

$L_{SS/BS}$ Länge der Staatsstraßen/Bundesstraßen [km].

Die Längen der von der Bayerischen Straßenbauverwaltung betreuten Staats- und Bundesstraßennetze können zusammen mit den jährlichen Gesamtkosten für den Betriebsdienst von Staatsstraßen differenziert nach Regierungsbezirken der Tabelle 6-3 entnommen werden.

Tabelle 6-3: Gesamtkosten Betriebsdienst nach Regierungsbezirken

	Bundesstraßen	Staatsstraßen	Gesamtkosten Betriebsdienst für Bundes- und Staatsstraßen in Bayern Mittelwert 2007, 2008	Staatsstraßen
	Länge [km]		Gesamtkosten Betriebsdienst [€/(km*a)]	
Oberbayern	1.653,2	3.119,4	8.598	7.573
Niederbayern	829,2	2.038,0	7.066	6.348
Oberpfalz	787,4	1.935,5	6.921	6.219
Oberfranken	803,9	1.446,7	7.908	6.940
Mittelfranken	517,9	1.623,4	6.855	6.263
Unterfranken	876,4	1.858,8	7.412	6.587
Schwaben	951,5	1.513,8	7.374	6.408

Quelle: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern

Zur Bewertung mehrstreifiger Straßenbauprojekte können aus den auf den Straßenquerschnitt bezogenen Kostensätzen nach EWS 1997 Korrekturfaktoren *f* zur Berechnung der Betriebskosten mehrstreifiger Straßen abgeleitet werden, für den Straßenquerschnitt „2+1“ sowie für zwei- (2FS) und dreistreifige (3FS) Straßen ergibt sich

$$f_{2+1} = 1{,}26, \qquad f_{2FS} = 1{,}98 \text{ und} \qquad f_{3FS} = 2{,}30.$$

Für Tunnelbauwerke betragen die Betriebs- und Unterhaltungskosten

- für Tunnel mit einer Röhre ca. 350.000 Euro pro Kilometer und Jahr und

- für Tunnel mit zwei Röhren ca. 500.000 Euro pro Kilometer und Jahr.

Für Geh- und Radwege ergeben sich Betriebskosten

- für beidseitige Geh- und Radwege von 800 Euro pro Kilometer und Jahr.

Für Brückenbauwerke werden die Betriebs- und Unterhaltungskosten in Abhängigkeit von der Brückenfläche wie folgt angegeben

- 10 Euro pro Quadratmeter Brückenfläche und Jahr.

Der jährliche Nutzen durch Veränderungen der Unterhaltungskosten berechnet sich wie folgt:

$$NW_2 = \sum_i KL_{i,vg} \cdot L_{i,vg} - \sum_i KL_{i,pl} \cdot L_{i,pl} + \sum_i KA_{i,vg} \cdot A_{i,vg} - \sum_i KA_{i,pl} \cdot A_{i,pl} \text{ [€/a]},$$

Darin bedeuten:

KL jährliche längenbezogene Betriebskosten [€/(km·a)] in Vergleichs- (*vg*) und Planfall (*pl*)

KA jährliche flächenbezogene Betriebskosten [€/(m^2·a)] in Vergleichs- (*vg*) und Planfall (*pl*) bei Brückenbauten

i Index für Streckenabschnitt

L Länge des betrachteten Abschnitts [km]

A Fläche der betrachteten Brücke [m^2]

6.2 Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit

Verbesserungen im Verkehrsablauf werden in den Komponenten NB (Verbilligung von Beförderungsvorgängen) und NE (Verbesserung der Erreichbarkeit von Fahrtzielen) bewertet. Es wird dabei unterschieden zwischen Fahrzeugvorhaltungskosten NB_1 und Betriebsführungskosten NB_2. Die durch Straßenbauprojekte verursachten Änderungen bei den Unfallkosten sind Gegenstand der Komponente NS (Verkehrssicherheit).

6.2.1 Veränderung der Fahrzeugvorhaltungskosten (NB_1)

Fahrzeugvorhaltungskosten entstehen im Bereich des gewerblich genutzten Kraftfahrzeugverkehrs (Güter- und Busverkehr sowie gewerblich genutzter Personenkraftwagen). Die zeitabhängigen Fahrzeugvorhaltungskosten im gewerblichen Verkehr beinhalten die Verzinsung des in den Fahrzeugen gebundenen Kapitals, die zeitabhängige Fahrzeugabschreibung und die zeitabhängigen Instandhaltungskosten der Fahrzeuge. Einsparungen können sich durch kürzere Transportwege und/oder höhere Transportgeschwindigkeiten ergeben.

Die Senkung der Vorhaltungskosten ergibt sich durch Multiplikation der eingesparten Fahrzeiten mit den entsprechenden Stundensätzen für die Fahrzeugvorhaltung. Die Fahrzeiten $t_{vg/pl}$ für Planfall (*pl*) und Vergleichsfall (*vg*) ergeben sich für jede Fahrzeuggruppe aus dem Verhältnis aus Weglänge $L_{vg/pl}$ [km] zu mittlerer Fahrzeuggeschwindigkeit $V_{vg/pl}$ [km/h]:

$$t_{vg/pl} = \frac{L_{vg/pl}}{V_{vg/pl}} \cdot 3600 \qquad [s]$$

Damit berechnen sich die Nutzen aus Einsparungen an Vorhaltungskosten NB_1 nach

$$NB_1 = \frac{1}{3600} \sum_z \sum_{Fz} \sum_i \sum_R a_{Fz} \left(Q_{z,Fz,iR,vg} \cdot t_{z,Fz,i,R,vg} - Q_{z,Fz,iR,pl} \cdot t_{z,Fz,i,R,pl} \right) \cdot VHK_{Fz} \cdot T_z \qquad [€/a]$$

Darin bedeuten:

z Index für Zeitabschnitt

Fz Index für Fahrzeuggruppe (PO, PD, LN, LS, LB, RB, LZ, SZ)

i Index für Streckenabschnitt

R Index für Fahrtrichtung

a_{Fz} gewerblich genutzter Anteil, $a_{PO/PD}$ = 31%, $a_{Fz \neq PO/PD}$ = 100% (nach BVWP 2003)

Q stündliche Verkehrsmenge je Fz-Gruppe, Abschnitt und Richtung [Fz/(h R)]

VHK_{Fz} zeitabhängige Fahrzeug-Vorhaltungskosten [€/Fz-h]

T Dauer eines Zeitabschnitts [h/a]

Die zeitabhängigen Fahrzeugvorhaltungskosten *VHK* sind spezifisch für jede Fahrzeuggruppe und sind für Otto- und Diesel-Pkw in Tabelle 5-17, für leichte und schwere Lkw ohne Anhänger in Tabelle 5-18, für Linien- und Reisebusse in Tabelle 5-19 sowie für Last- und Sattelzüge in Tabelle 5-20 angegeben (Kapitel 5, Abschnitt 5.5.2).

6.2.2 Veränderung der Betriebsführungskosten (NB_2)

Ersparnisse an Kosten für den Betrieb von Fahrzeugen können durch Verbesserungen im Verkehrsablauf entstehen. Die Betriebsführungskosten setzen sich zusammen aus:

- NB_{2A}: beinhaltet die Lohnkosten (LK) der Fahrer im gewerblichen Verkehr
- NB_{2B}: beinhaltet die fahrleistungsabhängigen Betriebskostengrundwerte (BGW, s. Tabelle 5-17 bis Tabelle 5-20) und Kraftstoffkosten (KK) im gewerblichen und privaten Verkehr.

Der Nutzen eines geplanten Projekts entspricht der Differenz aus den Betriebsführungskosten im Vergleichsfall und denen im Planfall:

Der Nutzen durch Einsparungen an Betriebsführungskosten ergibt sich:

$$NB_2 = NB_{2A} + NB_{2B}$$

$$NB_{2A} = \frac{1}{3600} \sum_z \sum_{Fz} \sum_i \sum_R a_{Fz} \cdot \left(Q_{vg} \cdot t_{vg} - Q_{pl} \cdot t_{pl}\right) \cdot LK \cdot T \qquad [€/a]$$

$$NB_{2B} = \sum_z \sum_{Fz} \sum_i \sum_R \left(10^{-2} \cdot Q \cdot BGW \cdot T \cdot L\right)_{vg} - \sum_z \sum_{Fz} \sum_i \sum_R \left(10^{-2} \cdot Q \cdot BGW \cdot T \cdot L\right)_{pl}$$
$$+10^{-2} \cdot \left(KV_{O,vg} - KV_{O,pl}\right) \cdot KK_O + 10^{-2} \cdot \left(KV_{D,vg} - KV_{D,pl}\right) \cdot KK_D \qquad [€/a]$$

Die Indizes *z*, *Fz*, *i* und *R* (analog zur Berechnung von NB_1) werden nachfolgend zugunsten besserer Lesbarkeit weggelassen.

Die Kraftstoffpreise sollen zum Preisstand 2009 in die NKA eingehen:

- Superbenzin KK_O = 47,4 ct/l und
- Dieselkraftstoff KK_D = 51,3 ct/l.

Es ist davon auszugehen, dass der Anteil von Normalbenzin, das heute schon zum gleichen Preis wie Superbenzin erhältlich ist, im Jahr 2025 vernachlässigt werden kann.

6.2.3 Veränderung der Erreichbarkeit (NE)

Durch das Straßenbauprojekt können sich Veränderungen in der zeitlichen Verkehrsabwicklung ergeben. Analog zu den Lohnkosten der Fahrer gewerblicher Fahrten wird in der Komponente NE die (eingesparte) Zeit betroffener Personen im nicht-gewerblichen Verkehr bewertet. Mit unterschiedlichen Besetzungsgraden *BG* an Wochen-, Urlaubs- und Sonntagen werden die Insassen privat genutzter Pkw und von Bussen bestimmt. Für den Zeitkostensatz ZKS werden

ZKS = 4,49 €/h

angesetzt. Da Reisezeitverkürzungen nach vorliegenden Erfahrungen im nicht-gewerblichen Verkehr unterhalb einer bestimmten Schwelle nicht wahrgenommen werden, ist der oben angegebene Wertansatz, wie auch beim Verfahren zur BVWP 2003, bereits um ca. 30% gemindert. Durch diesen Abschlag werden nicht relevante Zeitanteile berücksichtigt. Die Nutzen aus veränderten Erreichbarkeiten berechnen sich wie folgt:

$$NE = \frac{1}{3600} \sum_z \sum_{Fz} \sum_i \sum_R b_{Fz} \left(Q_{vg} \cdot t_{vg} - Q_{pl} \cdot t_{pl}\right) \cdot BG_{Fz} \cdot ZKS \cdot T \,,$$

Darin bedeuten

z	Index für Zeitabschnitt
Fz	Index für Fahrzeuggruppe (PO, PD, LN, LS, LB, RB, LZ, SZ)
b_{Fz}	Anteil der für private Fahrten genutzten Fahrzeuge je Fahrzeuggruppe Fz,
	$b_{LB,RB}$ = 100%, $b_{PO,PD}$ = 69%, $b_{LN,LS,LZ,SZ}$ = 0
BG_{Fz}	mittlerer Fahrzeug-Besetzungsgrad,

BG_{RB}	= 40	(typischer Reisebus: 50 Sitzplätze, 80% Auslastung)
BG_{LB}	= 17,5	(BVWP 2003)
$BG_{PO,PD}$	= 1,6	an Normal- und Urlaubswerktagen (BVWP 2003)
$BG_{PO,PD}$	= 2,1	an Sonn- und Feiertagen (BVWP 2003)

Die weiteren Parameter dieser Berechnung entsprechen denen der Komponente NB.

6.2.4 Veränderung der Verkehrssicherheit (NS)

Die Nutzen durch Veränderungen der Verkehrssicherheit errechnen sich aus der Differenz der Straßenverkehrsunfälle infolge der Verkehrabwicklung im Vergleichsfall und Planfall. Das Verfahren beruht – wie bereits beim BASB 2000 /HB 2000/ - im Wesentlichen auf dem der EWS 1997 /FGSV 1997a/, das im Vergleich mit der Verfahren des BVWP eine differenziertere Abbildung des Unfallgeschehens ermöglicht. Für alle Straßentypen sind in den EWS 1997 die mittleren Kennwerte für Unfälle mit Personen- (P) und Sachschäden (S) angegeben:

- Unfallraten $UR(P)$ bzw. $UR(S)$ [U/(10^6 Fz-km)]
- Unfallkostensätze $WU(P)$ bzw. $WU(S)$ [1.000 €/U]

Daraus abgeleitet und ebenfalls angegeben sind:

- Unfallkostenraten $UKR = UR(P) \cdot WU(P) + UR(S) \cdot WU(S)$ [€/(1.000 Fz-km)]
- Unfallkostendichten $UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot UKR \cdot DTV$ [1.000 €/(km·a)]

mit DTV: mittlerer täglicher Verkehr für beide Richtungen [Fz/24h].

Für den Vergleichs- wie den Planfall werden jeweils aus den Unfallkostendichten die jährlichen Unfallkosten als Summe der Unfallkosten der einzelnen Netzabschnitte i der Länge l_i berechnet:

$$UK_{Netz} = 1000 \cdot \sum_i UKD_i \cdot l_i$$

Die Angaben der EWS sind Durchschnittswerte für ganz Deutschland zum Preisstand des Jahres 1995 und können nicht direkt übernommen werden. Zur Aktualisierung des Verfahrens werden die Kostensätze für Sachschäden fortgeschrieben sowie Unfallschwere und Unfallraten für Unfälle mit Personenschaden an aktuelle Unfallzahlen aus Bayern angepasst.

Sachschadenskosten

In Tabelle 6-4 und Tabelle 6-5 sind die Unfallkennwerte außerhalb und innerhalb geschlossener Ortschaften nach EWS 1997 für die einzelnen Streckentypen aufgelistet. Alle Kostensätze sind jeweils in Euro umgerechnet und die Kostensätze für Unfälle mit Sachschaden auf den Preisstand 2009 fortgeschrieben worden.

Unfallraten und Unfallschwere für Unfälle mit Personenschaden werden mit Hilfe lokaler Unfallzahlen und Fahrleistungen an örtliche Besonderheiten angepasst, dies wird im folgenden Abschnitt beschrieben. Daher werden die entsprechenden Werte aus den EWS 1997 in Tabelle 6-4 und Tabelle 6-5 außer der Umrechnung in € nicht verändert, sie sind mit den in Gl. 6-1 (S. 62) und Gl. 6-2 (S. 64) angegebenen Faktoren zu korrigieren.

Tabelle 6-4: Straßentypen und Unfallkennwerte ago

Straßentyp ST	Unfallraten [U/(10^{6}Kfz*km)]		Unfallkostensätze [1000 €/U)]		Unfallkostenraten [€/(1000 Kfz*km)]	Unfallkostendichten [1000 €/(km*a)]
	UR(P)	UR(S)	WU(P)	WU(S)	UKR	UKD
1.11	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
1.21 Q29,5	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
1.22	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
1.31 RQ35,5	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
1.32	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
1.41	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
1.42	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
2.10 pf	0,187	0,583	127,8	6,5	27,7	0,0101*DTV
2.11 pg	0,308	0,962	138,0	6,3	48,6	0,0177*DTV
2.12 pg	0,315	0,983	127,8	6,2	46,3	0,0169*DTV
2.13	0,512	1,598	76,7	6,1	49,0	0,0179*DTV
2.14	0,483	1,507	102,3	6,0	58,5	0,0213*DTV
2.21	0,261	0,923	86,9	7,1	29,2	0,0107*DTV
2.22	0,303	0,944	127,8	6,9	45,2	0,0165*DTV
2.31	0,261	0,923	86,9	7,1	29,2	0,0107*DTV
2.32	0,303	0,944	127,8	6,9	45,2	0,0165*DTV
3.11	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
3.21	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
3.22	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
3.31	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
3.32	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
3.41	0,147	0,619	86,9	9,3	18,5	0,0068*DTV
3.42	0,202	0,923	86,9	7,1	24,1	0,0088*DTV
2.10	Zuschlag bei plangleicher Führung				5,1	0,0019*DTV
2.11, 2.12	Abzug bei planfreier Führung				-5,1	-0,0019*DTV
1.21 RQ26	Zuschlag				1,0	0,0004*DTV
1.31 RQ33					1,0	0,0004*DTV

Quelle: EWS 1997, Kostensätze umgerechnet in €; Kostensätze für Unfälle mit Sachschäden fortgeschrieben, caveat: Unfälle mit Personenschaden hier nicht fortgeschrieben

Tabelle 6-5: Straßentypen und Unfallkennwerte igo

Straßentyp ST	Unfallraten [U/(10^6Kfz*km)]		Unfallkostensätze [1000 €/U)]		Unfallkostenraten [€/(1000 Kfz*km)]	Unfallkostendichten [1000 €/(km*a)]
	UR(P)	UR(S)	WU(P)	WU(S)	UKR	UKD
4.10	0,555	3,661	36,3	6,9	45,5	0,0166*DTV
4.11	0,966	3,661	36,3	6,9	60,4	0,0221*DTV
4.12	0,966	3,661	36,3	6,9	60,4	0,0221*DTV
4.21	0,784	4,346	36,3	6,6	57,1	0,0208*DTV
4.22	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
4.31	0,784	4,346	36,3	6,6	57,1	0,0208*DTV
4.32	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
4.41	0,784	4,346	36,3	6,6	57,1	0,0208*DTV
4.42	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
5.10	0,892	5,480	36,3	6,9	70,0	0,0256*DTV
5.11	1,385	5,480	36,3	6,9	87,9	0,0321*DTV
5.12	1,720	8,041	36,3	6,7	116,3	0,0425*DTV
5.13	2,702	13,689	36,3	6,5	187,5	0,0684*DTV
5.21	0,966	3,661	36,3	6,9	60,4	0,0221*DTV
5.22	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
5.31	0,966	3,661	36,3	6,9	60,4	0,0221*DTV
5.32	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
5.41	0,966	3,661	36,3	6,9	60,4	0,0221*DTV
5.42	1,286	7,693	36,3	6,9	99,5	0,0363*DTV
6.01	1,066	9,220	21,4	4,9	67,7	0,0247*DTV
6.02, 6.03	1,320	16,721	21,4	4,9	110,6	0,0404*DTV
6.11	1,568	9,220	27,5	4,9	87,9	0,0321*DTV
6.12	1,941	16,721	27,5	4,9	135,6	0,0495*DTV

Quelle: EWS 1997, Kostensätze umgerechnet in €; Kostensätze für Unfälle mit Sachschäden fortgeschrieben, caveat: Unfälle mit Personenschaden hier nicht fortgeschrieben

Anpassung der Kennwerte für Unfälle mit Personenschaden

Im BASB 2000 konnten die Unfallkennwerte der EWS 1997 direkt übernommen werden, sie wurden gegebenenfalls an zeitliche oder örtliche Besonderheiten angepasst. Seitdem sind sowohl Unfallraten wie auch Unfallschweren deutlich zurückgegangen. Daher ist eine solche Anpassung im aktuellen Verfahren unerlässlich. Dazu wird auf aktuelle Unfallzahlen zurück-

gegriffen, die von der Zentralstelle für Verkehrssicherheit der Straßenbauverwaltung (ZVS) (bei der Autobahndirektion Südbayern) zur Verfügung gestellt wurden.

Kostensätze

Die Unfallkosten für Deutschland werden von der BASt personenbezogen mit einem Berechnungsmodell ermittelt, das die Unfallfolgen nach dem Schweregrad der Personenschäden (getötet, schwerverletzt, leichtverletzt) schätzt (Tabelle 6-6).

Tabelle 6-6: Personenschadenskosten im Jahr 2004

Personenschadenskosten je verunglückte Person [€]			
		BASt 2004	2008
Getötete	K_T	1.161.885	1.217.438
Schwerverletzte	K_{SV}	87.269	91.442
Leichtverletzte	K_{LV}	3.885	4.071

Quelle: BASt-Infos 2006

Diese Kostensätze beinhalten

- Reproduktionskosten (Kosten für die Wiederherstellung der Gesundheit, sowie Polizei-, Justiz-, Versicherungskosten und Sterbegeld etc.),
- Ressourcenausfallkosten (Kosten, die durch die Dauer der Arbeitsunfähigkeit und Minderung der Erwerbsfähigkeit anfallen),
- Humanitäre Kosten (psychische Belastungen, Umstellung der Lebensplanung, Folgeerkrankungen),
- Außermarktliche Wertschöpfung (Hausarbeit, Schattenwirtschaft).

Die mittleren Kosten für Sachschäden bei Unfällen mit Personenschäden sind differenziert nach BAB, übrigen Außerortsstraßen und Innerortsstraßen in Tabelle 6-7 dargestellt.

Tabelle 6-7: Mittlere Sachschadenskosten bei Unfällen mit Personenschaden

Sachschadenskosten bei Unfall mit Personenschaden [€]			
		EWS 1997	2008
BAB	$K_{S,\,BAB}$	30.678	34.359
übrige ao	$K_{S,\,ao}$	16.873	18.897
gesamt io	$K_{S,\,io}$	8.692	9.735

Anpassung der Unfallschwere bei Unfällen mit Personenschaden

Bei der Abbildung zeitlicher oder örtlicher Besonderheiten ist vor allem die Unfallschwere der Unfälle mit Personenschaden den Gegebenheiten anzupassen. Für jedes Staatliche Bauamt wird die angepasste Unfallschwere für die Straßenkategorien Bundesstraßen, Staatsstraßen, Kreisstraßen und Gemeindestraßen bestimmt. Die Unfallschwere $WU_{a,\,j}(P)$ für die Straßenkategorien j=(BAB, ao, io) ergibt sich aus der Summe aller Personen- und Sachschadenskosten bezogen auf die Anzahl der Unfälle:

$$WU_{a,j}(P) = \frac{T \cdot K_T + SV \cdot K_{SV} + LV \cdot K_{LV} + U_P \cdot K_{S,j}}{U_P}$$

Mit den jeweiligen Unfallzahlen T, SV, SV und U_P der Staatlichen Bauämter und den Kostensätzen aus Tabelle 6-6 und Tabelle 6-7 ergeben sich damit die angepassten Unfallkostensätze in Tabelle 6-8. Die angepassten Unfallkostensätze für die Autobahnen sind entsprechend in Tabelle 6-10 dargestellt.
Zur Anpassung der Unfallschwere wird zunächst für das betrachtete Verkehrsnetz ein mit der Verkehrsleistung (Produkt aus Streckenlänge und DTV) gemittelter Kostensatz $WU_m(P)$ für Unfälle mit Personenschaden über die Streckentypen und mit den Kostensätzen der EWS 1997 WU_i aus Tabelle 6-4 und Tabelle 6-5 berechnet:

$$WU_m(P) = \frac{\sum_i l_i \cdot DTV_i \cdot WU_i(P)}{\sum_i l_i \cdot DTV_i}$$

Analog wird über das gleiche Netz ein gemittelter Kostensatz $WU_{a,\,m}(P)$ berechnet:

$$WU_{a,m}(P) = \frac{\sum_j l_j \cdot DTV_j \cdot WU_{a,j}(P)}{\sum_j l_j < \cdot DTV_j},$$

wobei hier die nach Straßenkategorie und Staatlichen Bauämtern differenzierten Werte $WU_{a,i}$ aus Tabelle 6-8 und Tabelle 6-10 einzusetzen sind.

Zur Bestimmung der Unfallkosten im Netz werden die nach Streckentypen differenzierten Unfallkostensätze aus Tabelle 6-4 und Tabelle 6-5 jeweils mit dem Korrekturfaktor $U_{korr,WU}$ angepasst:

$$U_{korr,WU} = \frac{WU_{a,m}(P)}{WU_m(P)}$$

Gl. 6-1: Korrekturfaktor zur Anpassung der Unfallschwere

Tabelle 6-8: Lokal angepasste Unfallschwere nach Staatlichen Bauämtern

	Bundesstraßen		Staatsstraßen		Kreisstraßen		Gemeindestraßen	
StBA	ao	io	ao	io	ao	io	ao	io
Amberg-Sulzbach	120	43	110	40	90	60	110	44
Ansbach	110	41	100	36	85	50	80	39
Aschaffenburg	80	28	85	34	90	42	80	37
Augsburg	95	37	100	46	130	45	95	31
Bamberg	95	34	95	44	75	50	70	36
Bayreuth	95	38	110	45	95	46	100	41
Freising	80	28	85	34	75	42	70	30
Ingolstadt	130	30	100	55	90	47	95	35
Kempten	110	41	110	40	100	47	110	41
Krumbach	100	35	95	42	130	90	120	35
Landshut	110	41	110	45	100	55	75	40
Nürnberg	75	31	70	34	95	42	75	31
Passau	130	33	95	38	100	65	70	40
Regensburg	110	36	95	50	110	48	75	36
Rosenheim	120	45	100	36	110	50	100	39
Schweinfurt	110	34	95	50	90	55	90	40
Traunstein	110	50	120	40	110	55	85	46
Weilheim	110	36	85	38	95	44	75	43
Würzburg	100	36	85	40	85	65	85	35

angepasste Unfallschwere $WU_{a,m}(P)$ [1000 €/U]

<u>Anpassung der Unfallrate bei Unfällen mit Personenschaden</u>

Die Unfallrate ergibt sich aus der Summe der Unfallzahlen bezogen auf die zugehörigen Fahrleistungen, für einen Untersuchungszeitraum von *m* Jahren gilt im Mittel

$$UR_a = \frac{10^6 \cdot U(P)}{365 \cdot DTV \cdot l \cdot m} \qquad [U/(10^6 \text{ Fz-km})]$$

Die zur Verfügung gestellten und nach Staatlichen Bauämtern differenzierten Fahrleistungen sind in Mrd. Fz-km angegeben und auf eine Nachkommastelle gerundet. Dies führt bei kleinen Fahrleistungen zu großen Unsicherheiten in den Unfallraten. Fahrleistungen und Unfallzahlen werden daher bayernweit summiert. Die Unfallraten werden nicht nach Staatlichen Bauämtern, sondern nur nach Straßenkategorien (BAB, Bundesstraße, Staatsstraße, Kreisstraße) differenziert und sind in Tabelle 6-9 und Tabelle 6-10 angegeben.

Tabelle 6-9: Angepasste Unfallraten [U/(10^6 Fz-km)] nach Straßenkategorien

	Bundesstraßen	Staatsstraßen	Kreisstraßen
UR_a [U/(10^6 Fz-km)]	0,28	0,35	0,39

Tabelle 6-10: Lokal angepasste Unfallschwere und Unfallrate für BAB

Autobahndirektion	WU [1000 €/U]	UR [U/(10^6 Fz-km)]
Nordbayern	100,00	0,11
Südbayern	90,00	0,10

Analog zur Anpassung der Unfallschwere werden für das betrachtete Straßennetz über die Streckentypen gemittelte Unfallraten $UR_m(P)$ nach Tabelle 6-4

$$UR_m(P) = \frac{\sum_i l_i \cdot DTV_i \cdot UR_i(P)}{\sum_i l_i \cdot DTV_i}$$

und $UR_{a,m}(P)$ nach Tabelle 6-9 und Tabelle 6-10

$$UR_{a,m}(P) = \frac{\sum_j l_j \cdot DTV_j \cdot UR_{a,j}(P)}{\sum_j l_j \cdot DTV_j}$$

berechnet und ein Korrekturfaktor bestimmt:

$$U_{korr,UR} = \frac{UR_{a,m}(P)}{UR_m(P)}$$

Gl. 6-2: Korrekturfaktor zur Anpassung der Unfallraten

Strecken innerhalb geschlossener Ortschaften, für die keine Fahrleistungen vorliegen, werden mittels Korrekturfaktoren des gleichen Gebiets außerhalb geschlossener Ortschaften angepasst, Gemeindestraßen entsprechend wie Kreisstraßen.

Kreisverkehrsplätze

Knotenpunkte werden zunehmend in Form von Kreisverkehrsplätzen (KVP) realisiert. Dies ist zum einen auf verkehrstechnische Gründe, zum anderen aber auch auf eine hohe Verkehrssicherheit zurückzuführen. Letztere ist durch statistische Auswertungen der Sicherheit von KVP und Lichtzeichenanlagen (LZA) in Bayern /OBB 2005/, /ABDSB 2009/ belegt. Da-

her sollen die Unfallkennzahlen von KVP im aktualisierten Verfahren zur Bewertung der Staatsstraßen berücksichtigt werden.

Die Unfallraten sind im Vergleich zu mit LZA signalisierten Kreuzungen auf die Hälfte reduziert, das Risiko eines Unfalls mit Todesfolge sogar auf ein Drittel /ABDSB 2009/.

Unfallraten

Nach den Berichten der Obersten Baubehörde zum Verkehrs- und Unfallgeschehen /OBB 2005/ ereignen sich etwa ein Drittel aller Unfälle an Knotenpunkten. Durch Reduzierung dieser Unfälle auf die Hälfte ergibt sich als Unfallrate UR_{red} für einen Streckenzug, dessen Knotenpunkte sämtlich als KVP realisiert sind, im Vergleich zu einem Streckenzug ohne KVP UR_0 folgende Reduzierung

$$UR_{red} = \frac{2}{3}UR_0 + \frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2}UR_0 = \frac{5}{6}UR_0$$

Sind nicht alle Knotenpunkte als KVP realisiert, so muss nur der Anteil der Unfälle, die sich an KVP ereignen, reduziert werden. Mit N_{KN} = Gesamtzahl der Knotenpunkte pro Streckenzug und N_{KVP} = Anzahl der KVP ergibt sich

$$UR_{red} = \frac{2}{3}UR_0 + \frac{1}{3}\left(\frac{N_{KN} - N_{KVP}}{N_{KN}} + \frac{1}{2}\frac{N_{KVP}}{N_{KN}}\right)UR_0$$

Gl. 6-3: Reduzierung der Unfallraten an Kreisverkehrsplätzen

Die oben bestimmten Unfallraten UR_0 sind bei Vorhandensein von KVP entsprechend dieser Gleichung zu reduzieren.

In der praktischen Umsetzung wurde bei Projektbewertung der Einflussbereich des Kreisverkehrsplatzes analog zur Geschwindigkeitsbeeinflussung auf 100m der anschließenden Streckenabschnitte festgelegt.

Unfallschwere

Nach V. Spahn /ABDSB 2009/ sinkt das Risiko, im Fall eines Unfalls tödlich zu verunglücken, auf ein Drittel. Unfälle mit Todesfolge führen zwar zu den höchsten Kosten, sie sind jedoch relativ selten, so dass die mittlere Unfallschwere weniger stark reduziert wird. Unter der Annahme, dass bei gleicher Anzahl Verunglückter die Anzahl der Todesfälle um zwei Drittel reduziert und die Anzahl der Leichtverletzten um die selbe Zahl erhöht wird, ergibt sich gemittelt über ganz Bayern eine Reduktion der Unfallschwere an KVP auf 70%:

$$WU_{KVP}(P) = \frac{\frac{1}{3}T\cdot K_T + SV\cdot K_{SV} + (LV + \frac{2}{3}T)\cdot K_{LV} + U_P\cdot K_S}{U_P} \approx 0{,}7\cdot WU_0 .$$

Für einen Streckenzug mit N_{KN} Knotenpunkten und N_{KVP} Kreisverkehrsplätzen ergibt sich damit folgende Reduktion der Unfallschwere:

$$WU_{red} = \frac{2}{3} WU_0 + \frac{1}{3}\left(\frac{N_{KN} - N_{KVP}}{N_{KN}} + 0{,}7 \cdot \frac{N_{KVP}}{N_{KN}} \right) WU_0$$

Gl. 6-4: Reduzierung der Unfallschwere an Kreisverkehrsplätzen

Unfallhäufung

Unfallhäufungen werden bei der Projektbewertung nur dann berücksichtigt, wenn in drei aufeinanderfolgenden Ermittlungszeiträumen der Unfallhäufungen die betrachtete Stelle als Unfallhäufung identifiziert wird. Wenn unter Berücksichtigung dieser Bedingung ein zu bewertendes Straßenbauprojekt direkt eine bekannte Unfallhäufung betrifft, so kann bei der Summierung der Unfallkosten im Vergleichsfall der Term für den betreffenden Streckenabschnitt gemäß den EWS 1997 durch folgenden Ausdruck ersetzt werden:

$$UK_{i,vg} = \frac{U(P)_{m,i} \cdot WU(P) + U(S)_{m,i} \cdot WU(S)}{m}.$$

Gl. 6-5: Berechnung der Unfallkosten in einem Streckenabschnitt mit Unfallunfallhäufung

Darin bedeuten	*m*	Anzahl der Jahre, für die das von der Polizei registrierte Unfallgeschehen ausgewertet wurde
	$U(P)_{m,i}$	Anzahl der Unfälle mit Personenschaden im betrachteten Streckenabschnitt *i* in *m* Jahren
	WU(P)	Regional nach Gl. 6-1 angepasste Unfallschwere nach Straßentyp aus Tabelle 6-4 (ago) bzw. Tabelle 6-5 (igo) für Unfälle mit Personenschäden
	$U(s)_{m,i}$	Anzahl der Unfälle mit Sachschaden als schlimmster Unfallfolge im betrachteten Streckenabschnitt *i* in *m* Jahren
	WU(S)	Unfallschwere nach Straßentyp aus Tabelle 6-4 (ago) bzw. Tabelle 6-5 (igo) für Unfälle mit Sachschäden

In der praktischen Bewertungsarbeit werden lediglich die Abschnitte mit Unfallhäufungen betrachtet, indem die Unfallraten dieser Abschnitte für die Unfälle mit Personenschaden verdoppelt werden. Der Faktor zwei ergab sich aus dem mittleren Verhältnis der abgeleiteten Unfallraten der erfassten Unfälle mit Personenschaden, aus den erfassten Daten zur entsprechenden Unfallrate aus dem Bewertungsverfahren.

Die Unfallraten der relevanten Abschnitte im Wirkungsbereich der Neubauprojekte werden sowohl im Vergleichsfall als auch im Planfall mit Faktor zwei versehen, da an diesen Stellen

keine Maßnahme zur Beseitigung der Unfallhäufung bewertet werden sollen. Damit wird eine Verfälschung der Ergebnisse bei diesem Projekttyp vermieden.

Bei Ausbauprojekten wird angenommen, dass das Unfallgeschehen nach der Projektrealisierung statistisch nicht mehr vom mittleren Geschehen der betrachteten Region abweicht. Daher ändert sich an der Berechnung der Unfallkosten im Planfall nichts.

Zuschlag für die Anlage von Radverkehrsanlagen

Eine Verminderung der Radfahrunfälle durch die Anlage neuer Radverkehrsanlagen (RVA) wird gesondert berücksichtigt. Der Bewertungsansatz baut auf den „Grundlagen zur Berücksichtigung des Aufenthalts nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ /BMV 1995/ auf. Die Quantifizierung der Nutzen durch die Anlage von RVA erfolgt in Höhe der Differenz der durchschnittlichen jährlichen Unfallkosten zwischen einer Straßenführung mit und ohne RVA.

Aufgrund der besseren Datenlage werden die Wirkungen nur für Strecken innerhalb geschlossener Ortschaften bestimmt, die Wirkungen im Außerortsbereich werden denen im Innerortsbereich gleichgesetzt.

Basisgrößen zur Bestimmung der Unfallkosten im Radverkehr sind analog zur allgemeinen Betrachtung die Unfallraten (*UR*) und die Unfallkostensätze (Unfallschwere *WU*). Während sich die Raten für Unfälle mit Radfahrerbeteiligung durch den Bau einer RVA kaum ändern, geht die Unfallschwere deutlich zurück. Eine potentielle Verminderung der Unfälle mit Sachschaden als höchster Unfallfolge kann wegen der deutlich geringeren Unfallraten und Schadenskosten vernachlässigt werden.

<u>Unfallschwere</u>

Der Anteil $a_{o/m}$ der Unfälle mit schweren Verletzungen oder Todesfolge an der Gesamtzahl der Unfälle mit Personenschaden geht nach BASB 2000 von a_o=24% an Straßen ohne RVA auf a_m=17% an Straßen mit RVA zurück. Um dies abzubilden, wird aus den Personenschadenskosten der BASt (Tabelle 6-6) ein gemittelter Kostensatz pro Person bei Unfällen mit schweren Verletzungen oder Todesfolge bestimmt, gewichtet mit den jeweiligen Fallzahlen für ganz Bayern (Tabelle 6-11):

$$K_{T;SV} = \frac{T}{T+SV} K_T + \frac{SV}{T+SV} K_{SV} = 117.032 \text{ €/Person}$$

Tabelle 6-11: Radverkehrsunfälle ohne kreisfreie Städte igo 2005 - 2007

U(P)	U(S)	T	SV	LV
15.854	1.506	94	4.042	12.789

Quelle: Zentralstelle für Verkehrssicherheit der Straßenbauverwaltung (ZVS)

Für die durchschnittlichen Kosten je Unfall (Unfallschwere) gilt:

$$WU_{o/mRVA} = \left(a_{o/m} K_{T;SV} + (1 - a_{o/m}) K_{LV}\right) \frac{T + SV + LV}{U(P)}$$

Daraus folgt mit a_o = 24% und a_m = 17% sowie dem Wert für K_{LV} aus **Tabelle 6-6** und den Fallzahlen aus Tabelle 6-11 unter Berücksichtigung der Rundungsvorschrift bei Straßenführung

ohne Radverkehrsanlage	WU_{oRVA} = 33	[1000 €/Unfall]
mit Radverkehrsanlage	WU_{mRVA} = 25	[1000 €/Unfall]

als jeweiliger Mittelwert für die Unfallschwere bei Unfällen mit Radfahrerbeteiligung in Bayern.

Unfallraten

Die Unfallraten werden für den hier zu bewertenden Streckentyp, die Staatsstraßen, bestimmt. Die zur Berechnung benötigten Daten (Netzlänge *L* der Staatsstraßen igo sowie durchschnittlicher täglicher Radverkehr (DTV_{Rad}) und Unfälle mit Radfahrerbeteiligung $U(P)_{Rad}$ auf diesen Straßen) wurden von der Zentralstelle für Verkehrssicherheit der Straßenbauverwaltung (ZVS) zur Verfügung gestellt. Basis für den DTV_{Rad} sind die Zählquerschnitte der SVZ 2005, für die Zähldaten von Fahrrädern vorliegen. Diese Werte sind in Tabelle 6-12 dargestellt.

Tabelle 6-12: Radverkehr: Fahrleistungen und Unfallzahlen auf Staatsstraßen igo

Netzlänge *L* Staatsstraßen igo [km]	522
DTV_{Rad} auf Staatsstraßen igo [Fahrräder/24h]	207
FL_{Rad} [10^6 Rad-km/a]	39,44
$U(P)_{Rad}$ auf Staatsstraßen igo (2005 - 2007)	2466
$UR(P)_{Rad}$ [U/10^6 Rad-km]	20,84

Quelle: Zentralstelle für Verkehrssicherheit der Straßenbauverwaltung (ZVS)

Aus DTV_{Rad} und Netzlänge L kann die durchschnittliche Fahrleistung des Radverkehrs innerhalb geschlossener Ortschaften berechnet werden:

$$FL_{Rad} = DTV_{Rad} \cdot L$$

Die Unfallraten ergeben sich aus dem Verhältnis der Radfahrerunfälle mit Personenschaden zu den entsprechenden Fahrleistungen:

$$UR(P)_{Rad} = U(P)_{Rad} / FL_{Rad}$$

Die so bestimmten Fahrleistungen und Unfallraten für den Fahrradverkehr auf Staatsstraßen in Bayern sind ebenfalls in Tabelle 6-12 angegeben.

6.3 Umwelt und Raumnutzung

Im Themenbereich Umwelt und Raumnutzung werden Nutzen berücksichtigt, die sich aus Veränderungen in der Geräuschbelastung (NU_1) und den Emissionen von Schadstoffen und Klimagasen (NU_2) ergeben. Weiterhin werden Veränderungen bewertet hinsichtlich der Trennwirkungen von Straßen bezüglich Fußgängerüberquerungen (NU_3) und der Verfügbarkeit von Straßenraum für den nicht-motorisierten Verkehr (NF). Nutzen bei der Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten (NU_5) sowie bei der Nachrüstung von Maßnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt (NA) gehören ebenfalls zu diesem Themenkomplex.

6.3.1 Veränderung der Geräuschbelastung (NU_1)

Die Komponente NU_1 trägt vornehmlich bei Neubauprojekten zum NKV bei, wenn Einwohner durch den Bau von Ortsumgehungen vom Durchgangsverkehr entlastet werden: Bei Ortsdurchfahrts- bzw. -ausbauprojekten ist der Einfluss von NU_1 vernachlässigbar. Außerhalb geschlossener Ortschaften wird ein vereinfachtes Verfahren vorgesehen.

Geräuschbelastung innerhalb geschlossener Ortschaften (NU_{1a})

Durch den Bau von Ortsumgehungen und entsprechend verminderten Verkehrsstärken auf Ortsdurchfahrtsstraßen ergibt sich für die Anwohner eine verringerte Belastung durch Lärm. Die Monetarisierung solcher Minderungen erfolgt auf der Grundlage eines Zahlungsbereitschaftsansatzes. Voraussetzungen für die Berücksichtigung eines Nutzenbeitrages durch Lärmminderung sind:

- Eine Überschreitung des Zielpegels von 37 dB(A) bei Nacht und
- eine Differenz der Geräuschbelastung zwischen Plan- und Vergleichsfall von 2 dB(A) oder mehr.

Die Beschreibung der Lärmbelastung erfolgt über einen Mittelungspegel, der bestimmt wird durch die Verkehrsstärke und die vorherrschende Bebauungssituation (Stadtmodellbaustein). Der Mittelungspegel errechnet sich wie folgt:

$$L_{eq} = 10 \cdot lg(Q_n) + b_{SMB} \qquad \text{[dB(A)].}$$

Darin bedeuten:

L_{eq} äquivalenter Dauerschallpegel (Mittelungspegel) an der 1. Gebäudefront,

b_{SMB} Koeffizient in Abhängigkeit von Straßentyp und Stadtmodellbaustein (siehe Tabelle 6-13),

Q_n stündliche Verkehrsmenge des Straßenquerschnitts in der Nacht

$Q_n = k_n \cdot DTV_{ges}$ [Fz/h],

k_n: Umrechnungsfaktor $k_n = 0{,}011$ bei nichtkreuzungsfreien Straßen,

$k_n = 0{,}014$ bei Stadtautobahnen,

DTV durchschnittlicher Verkehr über alle Tage des Jahres [Fz/24h].

Bei einer Bebauung mit mehreren Gebäudereihen wird der Geräuschpegel L_n in der *n*-ten Reihe durch die vorderen Reihen abgemindert:

$$L_n = L_{eq} - dl_{n,SMB}.$$

Die Pegelminderungen $dl_{n,SMB}$ sind, differenziert nach Stadtmodellbausteinen (*SMB*) und Gebäudereihe *n*, in Tabelle 6-14 aufgelistet.

Tabelle 6-13: Koeffizient b zur Berechnung des Mittelungspegels

Stadtmodellbaustein	Straßentyp		
	planfrei	sonstige/mehrstreifig	sonstige/einstreifig
M1	-	-	46,1
M2	-	48,8	42,0
M3	47,2	44,1	37,2
M4	40,8	38,2	31,8
M5	45,7	42,5	35,6
M6	-	-	42,9
M7	-	46,8	40,0
M8	46,0	42,9	36,0
M9	40,0	37,4	31,0

Quelle: BASB 2000

Tabelle 6-14: Pegelminderung nach Stadtmodellbaustein und Gebäudereihe

Stadtmodell-baustein	Pegelminderung dl_n in dB(A) für die Gebäudereihe				
	1	2	3	4	5
M1	0	23			
M2	0	20			
M3	0	18			
M4	0	13			
M5	0	18			
M6	0	11	16	18	20
M7	0	9	14	16	17
M8	0	8	12	14	15
M9	0	5	8	10	12

Quelle: BASB 2000

Für die zu bewertenden Einwohnergleichwerte EGi in den Abschnitten i folgt:

$$EG_i = \sum_{SMB} \sum_{n} \left(L_{n,i} - Lz\right) \cdot g_n \cdot E_{n,SMB,i} \cdot l_i \cdot LA_{SMB} \ .$$

Gl. 6-6: Berechnung der Einwohnergleichwerte

Darin bedeuten:

Lz Zielpegel nachts = 37 dB(A),

$g_n = 2^{0,1 \cdot L_n}$ Lautheitsgewicht an der *n*-ten Gebäudereihe,

E Anzahl der Einwohner pro km,

l_i Länge des Abschnitts *i* [km] und

LA: Längenanteil des betroffenen Stadtmodellbausteins nach Tabelle 6-15.

Insgesamt berechnet sich die Nutzenkomponente NU_{1a} damit:

$$NU_{1a} = \sum_i EG_{i,vg} \cdot W_{L,vg} - \sum_i EG_{i,pl} \cdot W_{L,pl} \ .$$

Der auf Basis der Zahlungsbereitschaften ermittelten Kostensatz W_L 2009 beträgt

W_L = 67,81 € je betroffenem Einwohner und Jahr

für eine Wohnlage mit einer nächtlicher Geräuschbelastung unter dem Zielpegel für den äquivalenten Dauerschallpegel von 37 dB(A). Die Zuordnung der Streckentypen zu Bebauungsstrukturen und Einwohnerzahlen der verwendeten Stadtmodellbausteine stellt Tabelle 6-15 dar.

Tabelle 6-15: Zuordnung der Stadtmodellsteine zu den Streckentypen nach BVWP

Streckentyp	Anzahl Fahrtreifen	Stadtmodell-baustein	Längenanteil des Bausteins der Ortsdurchfahrt [%]	
planfrei, innerhalb besiedelter Gebiete (Stadtautobahnen)		M3	5	Summe 50%
		M4	15	
		M5	10	
		M8	5	
		M9	15	
Vorfahrtberechtigte Innerortsstraße ohne Behinderung	einstreifig	M2	15	Summe 75%
		M3	20	
		M5	10	
		M7	10	
		M8	20	
	mehrstreifig	M3	15	Summe 75%
		M4	20	
		M5	10	
		M8	10	
		M9	20	
Vorfahrtberechtigte Innerortsstraße mit Behinderung durch Knoten-punkteinflüsse, ÖV oder ruhenden Verkehr	einstreifig	M2	20	Summe 75%
		M3	15	
		M5	10	
		M7	20	
		M8	10	
	mehrstreifig	M3	20	Summe 75%
		M4	15	
		M5	10	
		M8	20	
		M9	10	
Innerortsstraßen mit Behinderung durch fehlende Vorfahrt, ruhenden Verkehr, und/oder ÖV	einstreifig	M1	20	Summe 75%
		M2	15	
		M5	10	
		M7	20	
		M8	10	
	mehrstreifig	M2	20	Summe 75%
		M3	15	
		M5	10	
		M8	20	
		M9	10	

Quelle: BASB 2000

Zur realitätsnahen Abbildung der Bebauungsstruktur und der Einwohnerzahlen für die am häufigsten vorkommenden innerörtlichen Straßentypen 47xx und 48xx wurde das Modell des BVWP-Bewertungsverfahrens im Rahmen der /BASB 2000/ auf Grundlage der von den Ämtern zur Verfügung gestellten Daten angepasst. Diese angepassten Stadtmodellbausteine wurden für die Bewertungen im Rahmen der Aufstellung des 7. Ausbauplans übernommen und sind in der Tabelle 6-16 für die Streckentypen '47xx' und in der Tabelle 6-17 für die Steckentypen 48xx jeweils getrennt nach Staatlichen Bauämtern dokumentiert.

Tabelle 6-16: Stadtmodellbausteinzuordnung für den Streckentyp 47xx nach StBA

Staatliches	Stadtmodellbausteine								
Bauamt	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
	Einwohner der 1. Reihe / km								
	1000	1000	1700	2200	500	300	500	300	500
Amberg-Sulzbach		10					20	15	10
Ansbach		15					10	15	10
Aschaffenburg		50	15				5	5	
Augsburg		10					15	25	5
Bamberg		10					10	5	5
Bayreuth		10					10	5	10
Freising									
Ingolstadt							10	15	10
Kempten		5					10	20	5
Krumbach									
Landshut		5					5	25	5
München		15	20				20	10	10
Nürnberg		15	5				10	5	5
Passau		5					10	20	5
Regensburg		10					10	5	10
Rosenheim		20	5				15	25	5
Schweinfurt		20					15	10	5
Traunstein		5					10	20	
Weilheim		5					10	20	
Würzburg		20					20	10	10

Tabelle 6-17 Stadtmodellbausteinzuordnung für den Streckentyp 48xx nach StBA

Staatliches	Stadtmodellbausteine								
Bauamt	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
	Einwohner der 1. Reihe / km								
	1000	1000	1700	2200	500	300	500	300	500
Amberg-Sulzbach		10	5			15	10	15	
Ansbach		10	5			15	10	15	
Aschaffenburg		25	25			5	5		
Augsburg		5	5			20	10	20	
Bamberg		5	5			10	10	5	
Bayreuth		5	5			15	10	10	
Freising									
Ingolstadt						15	10	15	
Kempten			5			20	5	20	
Krumbach									
Landshut			5			20		25	
München		25	15			15		10	
Nürnberg		10	10			10	10	15	
Passau			5			25		20	
Regensburg		5	5			15	10	10	
Rosenheim		10	20			10	15	20	
Schweinfurt		10	10			10	15	10	
Traunstein			5			20		20	
Weilheim			5			20		20	
Würzburg		15	10			15	10	10	

Geräuschbelastung außerhalb geschlossener Ortschaften (NU_{1b})

An freien Strecken wird vereinfachend eine Beeinträchtigung von E_3 = 50 E/km und eine nächtliche Zielpegelüberschreitung $L_Ü$ = 5 dB(A) angenommen. Es ergibt sich damit ein Lautheitsgewicht in Höhe von

$$g_6 = 2^{0,1 \cdot L_Ü} = 1,41.$$

Diese Werte werden in die Berechnung der Einwohnergleichwerte (Gl. 6-6) eingesetzt, die weitere Berechnung erfolgt analog zu NU_{1a}.

6.3.2 Veränderung der Schadstoff- und Klimagasemissionen (NU_2)

Die Komponente NU_2 trägt vornehmlich bei Neubauprojekten zum NKV bei, wenn Einwohner durch den Bau von Ortsumgehungen vom Durchgangsverkehr entlastet werden.

Für alle Schadstoffe wird die Differenz der Emissionen zwischen Vergleichsfall und Planfall bewertet:

$$NU_2 = \sum_j \sum_z \left(E_{j,z,vg} - E_{j,z,pl}\right) \cdot W_{j,z} \times 10^{-6} \; .$$

Darin bedeuten:

j Index der Schadstoffart,

z Index der Bebauungssituation (Großstadt, igo, ago),

$E_{j,z}$ jährliche Gesamtemissionen [g/a] nach und

$W_{j,z}$ Kostensätze für Schadstoffemissionen [€/t].

Es werden die Schadstoffe $PM_{2,5}$ (aus Dieselmotoren), PM_{10} (Abrieb und Aufwirbelung), NO_x, SO_2 und NMVOC berücksichtigt sowie das Treibhausgas CO_2. Die Kostensätze für die Emissionen entstammen der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten des Umweltbundesamtes /UBA 2007/. Es handelt sich um Schätzungen von Grenzkosten der Umweltbelastung nach einem Wirkungspfadansatz durch das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart /IER 2006/. Da die Kostensätze für Feinstaubemissionen von der Bebauungssituation (Großstadt, igo, ago) abhängen, wird bei der Berechnung der Emissionen ebenfalls nach Bebauungssituation differenziert.

Bewertungsmethodik

Die Bewertungsmethodik für die Nutzenkomponente NU_2 (Veränderung der Schadstoffbelastungen und der Klimagase) wurde im Rahmen von /AVISO 2010/ grundsätzlich überarbeitet. Neben einer Anpassung des Stoffspektrums an die derzeit in der Luftreinhalteplanung relevanten Schadstoffe ermöglichen aktuelle Kostensätze für Emissionen eine erhebliche Vereinfachung des Verfahrens.

Inzwischen gibt es auf nationaler wie auf europäischer Ebene neue Richtlinien (22. BImSchV /BMJ 2007/, Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG /EU 2008/) mit einem veränderten Stoffspektrum und schärferen Grenzwerten. Wesentliche Änderungen betreffen Stickoxide und Feinstaub. Die Einschätzung der Risiken von Stickoxiden (NO_x=NO+NO_2) hat zugenommen, PAK bzw. B(a)P hat an Bedeutung verloren und statt Ruß werden allgemeine Feinstaubpartikel betrachtet, unterteilt nach ihrer Größe in $PM_{2,5}$ (dynamischer Durchmesser ≤ 2,5µm) und PM_{10} (dynamischer Durchmesser ≤ 10µm).

In das neue Bewertungsverfahren wird das derzeit für die Luftreinhalteplanung relevante Stoffspektrum übernommen. Anders als beim Bewertungsverfahren zur Aufstellung des 6. Ausbauplans werden für alle betrachteten Schadstoffe nur Emissionen bewertet.

Stoffspektrum und Kostensätze

Die Bewertung der Emissionen von Schadstoffen und Klimagasen erfolgt gemäß der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten /UBA 2007/. Die dort angegebenen Kostensätze sind in Tabelle 6-18 aufgelistet.

Tabelle 6-18: Kostensätze zur Bewertung von Schadstoff- und Klimagasemissionen

€/t Emission	igo (Großstadt)	igo	ago
$PM_{2,5}$ (Auspuff)	450.000	145.000	92.000
PM_{10} (Abrieb/Aufwirbelung)	180.000	58.000	37.000
NO_x	3.600		
SO_2	5.200		
NMVOC	1.200		
CO_2	70		

Quelle: Umwelt Bundesamt, 2007

Die Kostensätze für die Stoffe $PM_{2,5}$, PM_{10}, NO_x, SO_2 und NMVOC wurden vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart im Auftrag des UBA ermittelt /IER 2006/. Berücksichtigt werden

- Gesundheitsschäden: verminderte Lebenserwartung durch Kurz- und Langzeitexposition, andere Gesundheitseffekte wie Erkrankungen der Atemwege oder Herzerkrankungen,
- Materialschäden: Korrosion von Gebäudematerialien, Verschmutzung von Gebäuden und
- Vegetationsschäden: Ernteertragsänderungen, vermehrter Kalkbedarf von Böden, verminderter Düngerbedarf.

Für die Kosten pro Tonne emittiertes Kohlendioxid wird vom UBA ein Wertebereich von 20 € bis 280 € pro t CO_2 angegeben. Als Schätzwert für Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird der auch in Tabelle 6-18 aufgelistete Wert von 70 € pro t CO_2 empfohlen. Die Kosten stellen marginale Schadenskosten dar.

Verbrauchs- und Emissionsfunktionen

Die Schadstoffemissionen werden durch die an die Emissionsfaktoren aus dem Handbuch Emissionsfaktoren (HBEFA) 2.1 /IFEU 2004/ angepassten stetig differenzierbaren Emissionsfunktionen ermittelt. Mit Ausnahme des Übergangs zum Stop-and-Go-Verkehr sind diese Funktionen stetig differenzierbar. Datengrundlage für die hier konstruierten Emissionsfunktionen ist das HBEFA, Version 2.1 /IFEU 2004/.

Das aktuelle Handbuch enthält Faktoren für Feinstaubemissionen der Motoren (Diesel), aber nicht für Abrieb und Aufwirbelung. Hier werden, in Analogie zu den Kostensätzen aus Tabelle 6-18 die Feinstaubemissionen der Motoren komplett der Feinstaubkategorie $PM_{2,5}$ zugerechnet. Aufwirbelung und Abrieb werden der Kategorie PM_{10} zugeordnet, wobei nur zwischen Leicht- und Schwerverkehr differenziert wird.

Kaltstart-Zuschläge

Im HBEFA 2.1 sind Kaltstart-Zuschläge für mittlere Außentemperaturen von –10°C, 5°C und 20°C angegeben. Für Bayern wird eine mittlere Jahrestemperatur von 8°C angesetzt (Quelle: Deutscher Wetterdienst, Präsentation von Klimadaten im Internet) und linear zwischen 5°C und 20°C interpoliert. Die Umrechnung der Kaltstart-Zuschläge in Emissionen pro Fahrzeugkilometer erfolgt gemäß /AVISO 2009/.

Verbrauchs- und Emissionsfunktionen

Die Verbrauchs- und Emissionsfunktionen werden die Emissionsfaktoren, die im HBEFA 2.1 in Abhängigkeit von der Verkehrssituation angegeben sind, als Funktion der dieser Verkehrssituation zugeordneten mittleren Fahrzeug-Geschwindigkeit aufgefasst. Es wird wegen der grundsätzlich unterschiedlichen Fahrmuster zwischen Straßen innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften (igo/ago) unterschieden. Der anzupassende funktionale Zusammenhang lautet:

$$e(V) = \begin{cases} e_0 & \text{für } V \le V_0 \\ e_1 + e_2 \exp\left(-\frac{V - V_0}{V_1}\right) + e_3 (V - V_0)^n + e_4 \exp\left(-\frac{(V - V_2)^2}{V_3^{\,2}}\right) & \text{für } V > V_0 \end{cases}$$

Gl. 6-7: Funktionaler Zusammenhang zwischen mittlerer Fahrzeug-Geschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch bzw. Schadstoffemission

Für die Geschwindigkeit des Stop-and-Go-Verkehrs wird aus Praktikabilitätsgründen als Kompromiss zwischen HBEFA 2.1 und den Staugeschwindigkeiten einheitlich V_0=10 km/h angesetzt. Die erforderlichen Koeffizienten von Gl. 6-7 sind für die Emissionsfunktionen außerhalb geschlossener Ortschaften in Tabelle 6-19 und innerhalb geschlossener Ortschaften in Tabelle 6-20 dargestellt.

Tabelle 6-19: Koeffizienten der Emissionsfunktionen nach Gl. 6-7 (ago)

		v_0	v_1	v_2	v_3	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4	n
		[km/h]				[g/Fz-km]					
Pkw	MKR, O	10	8,15	-	-	105,53	13,10	92,43	2,59	0	0,52
	MKR, D	10	8,15	-	-	77,71	9,70	68,01	2,59	0	0,52
	CO_2, O	10	8,15	-	-	335,06	41,59	293,47	8,23	0	0,52
	CO_2, D	10	8,15	-	-	246,73	30,79	215,94	8,23	0	0,52
	SO_2	10	8,15	-	-	2,0E-03	2,5E-04	1,8E-03	4,1E-05	0	0,52
	NO_x	10	7,77	-	-	0,44	8,0E-02	0,36	3,5E-04	0	1,24
	NO_2	10	7,13	-	-	0,17	2,0E-02	0,15	7,3E-04	0	0,89
	NMVOC	10	4,97	-	-	0,17	1,4E-02	0,16	0	0	-
	$PM_{2,5}$	10	13,20	-	-	7,3E-03	1,0E-03	6,3E-03	3,1E-05	0	1,01
LN	MKR	21	7,97	-	-	94,10	15,00	79,10	6,22	0	0,43
	CO_2	21	7,97	-	-	298,77	47,63	251,15	19,75	0	0,43
	SO_2	21	7,97	-	-	1,5E-03	2,4E-04	1,3E-03	1,0E-04	0	0,43
	NO_x	15	9,99	-	-	0,75	0	0,75	2,8E-02	0	0,60
	NO_2	15	9,64	-	-	0,29	0	0,29	1,1E-02	0	0,58
	NMVOC	10	18,73	-	-	0,14	1,4E-02	0,13	0	0	-
	$PM_{2,5}$	21	5,84	131,41	47,91	2,8E-02	1,4E-02	1,5E-02	0	1,7E-02	-
sNoB	MKR	10	25,01	-	-	465,88	170,00	182,77	0	0	-
	CO_2	10	25,01	-	-	1479,16	539,75	580,31	0	0	-
	SO_2	10	25,01	-	-	7,5E-03	2,7E-03	2,9E-03	0	0	-
	NO_x	10	61,46	-	-	7,92	0,80	4,31	0	0	-
	NO_2	10	63,58	-	-	1,13	0,10	0,62	0	0	-
	NMVOC	10	14,27	-	-	2,04	0,35	0,82	0	0	-
	$PM_{2,5}$	10	34,56	-	-	0,16	2,5E-02	8,0E-02	0	0	-
LB	MKR	10	30,75	-	-	419,34	0	385,82	10	0	0,60
	CO_2	10	30,75	-	-	1331,39	0	1224,99	31,75	0	0,60
	SO_2	10	30,75	-	-	6,7E-03	0	6,2E-03	1,6E-04	0	0,60
	NO_x	10	9,58	-	-	9,94	2,65	3,92	0	0	1,00
	NO_2	10	9,58	-	-	1,54	0,41	0,61	0	0	1,00
	NMVOC	10	11,81	-	-	1,54	0,34	0,66	0	0	1,00
	$PM_{2,5}$	10	11,82	-	-	8,9E-02	1,5E-02	2,9E-02	0	0	1,00
RB	MKR	10	24,03	-	-	784,86	0	520,44	16,00	0	0,60
	CO_2	10	24,03	-	-	2491,92	0	1652,40	50,80	0	0,60
	SO_2	10	24,03	-	-	1,3E-02	0	8,3E-03	2,6E-04	0	0,60
	NO_x	10	21,59	-	-	14,62	2,50	6,36	0	0	-
	NO_2	10	21,01	-	-	2,25	0,39	0,98	0	0	-
	NMVOC	10	15,32	-	-	2,87	0,40	1,21	0	0	-
	$PM_{2,5}$	10	30,66	-	-	0,14	2,5E-02	2,5E-02	0	0	-

Tabelle 6-20: Koeffizienten der Emissionsfunktionen nach Gl. 6-7 (igo)

		v_0	v_1	e_0	e_1	e_2
		[km/h]		[g/Fz-km]		
Pkw	MKR, O	10	6,10	180,09	40,00	140,09
	MKR, D	10	5,35	138,19	36,00	102,19
	CO_2, O	10	6,10	571,80	127,00	444,80
	CO_2, D	10	5,35	438,75	114,30	102,19
	SO_2	10	6,10	2,8E-03	6,4E-04	2,1E-03
	NO_x	10	5,64	0,60	1,4E-01	0,46
	NO_2	10	4,92	0,23	5,0E-02	0,18
	NMVOC	10	4,67	0,97	3,0E-02	0,94
	$PM_{2,5}$	10	7,02	1,3E-02	3,5E-03	9,5E-03
LN	MKR	21	6,85	111,21	46,77	64,43
	CO_2	21	6,85	353,08	148,50	204,58
	SO_2	21	6,85	1,8E-03	7,5E-04	1,0E-03
	NO_x	21	5,70	0,62	0,26	0,36
	NO_2	21	6,16	0,23	0,10	0,13
	NMVOC	10	17,37	0,27	1,5E-02	0,25
	$PM_{2,5}$	21	6,67	3,0E-02	1,5E-02	1,6E-02
sNoB	MKR	10	34,77	346,32	100,00	246,32
	CO_2	10	34,77	1099,55	317,50	782,05
	SO_2	10	34,77	5,5E-03	1,6E-03	3,9E-03
	NO_x	10	79,56	6,04	0	4,51
	NO_2	10	79,16	0,84	0	0,63
	NMVOC	10	29,08	1,55	0,2	0,90
	$PM_{2,5}$	10	50,78	0,13	1,0E-02	8,6E-02
LB	MKR	10	85,66	439,58	0	439,58
	CO_2	10	85,66	1395,68	0	1395,68
	SO_2	10	85,66	7,0E-03	0	7,0E-03
	NO_x	10	33,33	10,35	2,00	4,43
	NO_2	10	35,71	1,60	0,30	0,69
	NMVOC	10	31,25	1,59	0,25	0,76
	$PM_{2,5}$	10	26,32	6,0E-02	1,3E-02	3,2E-02
RB	MKR	10	44,46	788,70	100,00	487,52
	CO_2	10	44,46	2504,11	317,5	1547,88
	SO_2	10	44,46	1,3E-02	1,6E-03	7,8E-03
	NO_x	10	28,31	14,68	2,50	7,96
	NO_2	10	38,89	2,26	0,20	1,34
	NMVOC	10	30,84	2,88	0,20	1,63
	$PM_{2,5}$	10	36,57	9,2E-02	1,0E-02	5,5E-02

Abhängigkeit von der Längsneigung

Außerhalb geschlossener Ortschaften wird neben der Abhängigkeit der Emissions- und Verbrauchsfunktionen von der mittleren Fahrzeug-Geschwindigkeit auch die Abhängigkeit von der Längsneigung berücksichtigt. Diese Abhängigkeit wird aus dem Verfahren zur BVWP 1992 /BMV 1993/ übernommen. Dort wird eine Funktion für den Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von mittlerer Fahrzeuggeschwindigkeit und Längsneigung für die Fahrzeuggruppen Pkw, Lkw, Lastzüge und Busse angegeben. Der Term für die Steigungsabhängigkeit ist leicht modifiziert in Gl. 6-8 angegeben.

$$f(V;s) = \begin{cases} a_5 \exp\left(\left\{a_1^{\,2} - \dfrac{(V-a_2)^2}{a_3^{\,2}}\right\}\dfrac{a_4+s}{100}\right) & \text{außerhalb geschlossener Ortschaften} \\ 1 & \text{innerhalb geschlossener Ortschaften} \end{cases}$$

Gl. 6-8: Faktor zur Berücksichtigung der Abhängigkeit der Verbrauchs- und Emissionsfunktionen von der Längsneigung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Hinsichtlich der Steigungsabhängigkeit unterscheiden sich Lastzüge und Busse nicht, die Koeffizienten aus Gl. 6-8 für die Fahrzeug-Gruppen Pkw, Lkw und Lz/Bus sind in Tabelle 6-21 angegeben.

Tabelle 6-21: Koeffizienten zur Berechnung der Längsneigungsabhängigkeit

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
	[km/h]			[%]	
Pkw, LN	3,11	140	50,00	1,5	0,90
Lkw	4,58	100	28,28	0,8	0,87
Lz/Bus	5,35	100	22,36	0,8	0,84

Für das Bewertungsverfahren wird angenommen, dass die Abhängigkeit von der Längsneigung für die Emissionsfunktionen von Schadstoffen ein ähnliches Verhalten zeigt wie die des Kraftstoffverbrauchs. Der Korrekturfaktor *f(V;s)* wird daher unverändert für alle Emissionsfunktionen übernommen, Gl. 6-7 wird erweitert zu Gl. 6-9:

$$e(V;s) = \begin{cases} e_0 f(V_0;s) & V \le V_0 \\ \text{für} & \\ \left[e_1 + e_2 \exp\left(-\frac{V - V_0}{V_1} \right) + e_3 (V - V_0)^n + e_4 \exp\left(-\frac{(V - V_2)^2}{V_3^{\,2}} \right) \right] f(V;s) & V > V_0 \end{cases}$$

Gl. 6-9: Funktionaler Zusammenhang zwischen mittlerer Fahrzeug-Geschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch bzw. Schadstoffemission unter Berücksichtigung der Abhängigkeit von der Längsneigung nach Gl. 6-8

Abrieb und Aufwirbelung

Neben den Feinstaubemissionen aus (Diesel-)Motoren werden auch durch Abrieb (Reifen- und Bremsabrieb) und Aufwirbelung Partikel freigesetzt. Diese werden in Analogie zu den Kostensätzen aus Tabelle 6-18 der Kategorie PM_{10} zugeordnet und bestimmt. Dabei wird nur zwischen Leichtverkehr (Pkw+LN) und Schwerverkehr (SV=sNoB+LB+RB) unterschieden.

Außerhalb geschlossener Ortschaften werden die Feinstaubemissionen aus Abrieb und Aufwirbelung als unabhängig von mittlerer Fahrzeug-Geschwindigkeit und Längsneigung angesetzt:

Pkw und leichte Nutzfahrzeuge	0,022	g/Fz-km PM_{10}
Schwerverkehr	0,2	g/Fz-km PM_{10}

Innerhalb geschlossener Ortschaften wird analog zu den Emissionsfunktionen der anderen Schadstoffe ein konstanter Wert im Stop-and-Go-Bereich sowie mit zunehmender Geschwindigkeit ein exponentieller Abfall auf einen konstanten Wert angesetzt.

$$e_{PM_{10}}(V;s) = \begin{cases} e_0 & V \le V_0 \\ \text{für} & \\ e_1 + e_2 \exp\left(-\frac{V - V_0}{V_1} \right) & V > V_0 \end{cases}$$

Gl. 6-10: Emissionsfunktion PM_{10} in Abhängigkeit der mittleren Fahrzeug-Geschwindigkeit (igo)

Durch Anpassen der Koeffizienten aus Gl. 6-10 werden Emissionsfunktionen konstruiert, sie sind in Tabelle 6-22 angegeben.

Tabelle 6-22: Koeffizienten der Emissionsfunktionen PM_{10} nach Gl. 6-10 (igo)

PM_{10}	v_0	v_1	e_0	e_1	e_2
	[km/h]		[g/Fz-km]		
Pkw+LN	10	20,05	9,0E-02	1,0E-02	8,0E-02
SV	10	23,14	0,80	6,0E-02	0,74

Berechnung der Gesamtemissionen

Die jährlich emittierte Menge E_j ergibt sich für jede Schadstoffart j є {$PM_{2,5}$, PM_{10}, NO_x, SO_2, NMVOC, CO_2} durch Summation der Einzelemissionen über die Fahrzeug-Gruppen k, die Streckentypen l und die Streckenabschnitte a, auf denen alle Parameter unverändert bleiben:

$$E_{j,z} = \sum_k \sum_l \sum_a Q_{k,l,a} \cdot T_{l,a} \cdot L_{l,a,z} \cdot e_{j,k,l}\left(V_{l,a}\left(Q_{l,a}\right); s_{l,a}\right) \qquad \text{[g/a]}$$

Gl. 6-11: Berechnung der jährlichen Gesamtemissionen

Es bedeuten:

$E_{j,z}$	jährliche Gesamtemissionen des Stoffes j	[g/a]
z	Index für Bebauungssituation (Großstadt, igo, ago)	
Q	Verkehrsstärke	[Fz/(h·*Ri*)]
Ri	Richtung	
T	Zeitintervall mit gleichbleibendem Verkehrsablauf	[h/a]
L_a	Länge des Streckenabschnitts *a*	[km]
e	Emissionsfunktion nach Gl. 6-9	[g/Fz-km]
V(Q)	Mengen-Geschwindigkeits-Funktion	[km/h]
s	mittlere Steigung auf dem Streckenabschnitt *a*	[%]

Die Abhängigkeit der Emissionsfunktion $e_{j,k,l}$ vom Streckentyp beschränkt sich dabei auf die Differenzierung zwischen Innerorts- und Außerortsstraßen. Für die Geschwindigkeits-Abhängigkeit der Emissionsfunktion wird die zum Abschnitt *a* gehörende Mengen-Geschwindigkeits-Funktion *V(Q)* benötigt. Sie hängt von der Verkehrsstärke ab. Hier ist jedoch nur die Unterscheidung Gesamtverkehr und Schwerverkehr relevant. Wegen der unterschiedlichen Kostensätze bei Feinstaubemissionen werden die Gesamtemissionen differenziert nach Bebauungssituation (Großstadt, igo, ago) berechnet.

Kraftstoffverbrauch

Der jährliche Kraftstoffverbrauch kann analog zu den Gesamtemissionen durch Summation der Einzelverbräuche berechnet werden. Wegen der unterschiedlichen Preise für Otto- und Dieselkraftstoff muss dabei in der Gruppe der Pkw zwischen Otto- und Dieselmotor differenziert werden, für alle anderen Fahrzeuggruppen wird ein Dieselanteil von 100% angenommen. Analog zu Gl. 6-11 gelten:

$$KV_O = \sum_l \sum_a Q_{PO,l,a} \cdot T_{l,a} \cdot L_{l,a} \cdot e_{MKR,PO,l}\left(V_{l,a}\left(Q_{l,a}\right); s_{l,a}\right) \Big/ \rho_O \qquad [\mathrm{l/a}]$$

$$KV_D = \sum_{k \neq PO,PD} \sum_l \sum_a Q_{k,l,a} \cdot T_{l,a} \cdot L_{l,a} \cdot e_{MKR,k,l}\left(V_{l,a}\left(Q_{l,a}\right); s_{l,a}\right) \Big/ \rho_D + \sum_l \sum_a Q_{PD,l,a} \cdot T_{l,a} \cdot L_{l,a} \cdot e_{MKR,PD,l}\left(V_{l,a}\left(Q_{l,a}\right); s_{l,a}\right) \Big/ \rho_D \qquad [\mathrm{l/a}]$$

Gl. 6-12: Berechnung des jährlichen Kraftstoffverbrauchs

Da Kraftstoff üblicherweise in Volumeneinheiten gemessen wird und die Kostensätze sich auch auf Liter statt auf Gramm beziehen, sind die oben angegebenen Verbrauchsfunktionen zur Umrechnung in die Einheit l/a durch die mittlere Dichte ρ [g/l] dividiert ($KV_{O/D} = MKR_{O/D} / \rho_{O/D}$ [l/a]) worden.

Tabelle 6-23: Mittlere Dichten von Otto- und Dieselkraftstoff

		Ottokraftstoff	Dieselkraftstoff
Spezifikation		DIN EN 228	DIN EN 590
minimale Dichte (15°C)	[g/l]	720	820
maximale Dichte (15°C)	[g/l]	775	845
mittlere Dichte (15°C)	[g/l]	747,5	832,5
Dichtekorrektur	[(g/l)/(1°C)]	-0,9	-0,7
mittlere Dichte (8°C)	[g/l]	753,8	837,4

Der zulässige Dichtebereich für Otto- bzw. Dieselkraftstoff ist in den Normen DIN EN 228 und DIN EN 590 spezifiziert. Die resultierende mittlere Dichte bei 8°C ist Tabelle 6-23 zu entnehmen.

Die Kraftstoffpreise gehen zum Preisstand 2009 wie folgt in die Berechnung der Nutzenkomponenten ein:

Superbenzin: 47,4 ct/l

Dieselkraftstoff: 51,3 ct/l

Es ist davon auszugehen, dass Normalbenzin in Zukunft keinen nennenswerten Anteil an der Deckung des Kraftstoffverbrauchs haben wird.

6.3.3 Veränderung der Trennwirkungen (NU_3)

Die Entlastung von Ortsdurchfahrten vom Kfz-Verkehr führt zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität auf Innerortsstraßen. Diese werden mit Hilfe von Zeitverlusten, die Fußgänger beim Überqueren der Fahrbahnen hinnehmen müssen, in der Nutzenkomponente NU_2 als so genannte Trennwirkungen quantifiziert. Die Summe der Verlustzeiten führt über einen Zeitkostenansatz zu einer monetären Bewertung der Trennwirkung.

Für den Zeitkostensatz für die Fußgängerstunde wird der Wert

$$WZ = 6{,}54\ €/h$$

angesetzt.

Die Wartezeiten werden in Abhängigkeit vom Straßentyp ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Verlustzeit unabhängig von der Fahrbahnbreite ist. Die Wartezeit wird bestimmt durch die Parameter:

- Überquerungshäufigkeit je betroffenem Anwohner und Tag,
- Anzahl der betroffenen Anwohner und
- Fußgängerwartezeit in Abhängigkeit des jeweiligen Straßentyps und der Verkehrsstärke für die maßgebenden Stundengruppen der Dauerlinie.

Es werden drei Wartezeittypen definiert:

- $tw_1 = (8{,}31 \cdot \ln(Q) - 53)$ s

  für Direktquerungen, gültig für alle positiven Werte von tw_1, d. h. für Q größer als ca. 600 Fz/h. tw_1 wird bei Straßen mit Mittelstreifen getrennt für beide Fahrtrichtungen ermittelt.

- tw_2 = konst. = 62 s

  für Querungen an Lichtzeichenanlagen mit 50 m Umweg und 20 s Wartezeit an der Lichtzeichenanlage.

- tw_3 = konst. = 268 s

  für Über- bzw. Unterführungen mit 300 m Umweg und 18 s Steigungszuschlag.

Als Gehgeschwindigkeit werden analog zu BASB 2000 1,2 m/s angenommen.

Die Fußgängerwartezeiten tw_1 werden in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke bestimmt und gehen über die jeweils vier höchstbelasteten Stundengruppen T der Dauerlinie für Normal-

werktags-, Urlaubswerktags- und Sonn- und Feiertagsverkehr gemittelt in die Berechnung der Verlustzeiten ein. Die Wartezeittypen werden je nach dem betrachteten Streckentyp kombiniert:

- Bei ein- und zweistreifigen Straßen im Gegenverkehr gibt es nur Direktquerer (tw_1), d. h. unterhalb einer Verkehrsbelastung von ca. 600 Fz/h (bei Straßen mit Mittelstreifen je Fahrtrichtung) werden bei diesem Straßentyp keine Wartezeiten und damit auch keine Trennwirkungen angesetzt.
- Bei Richtungsfahrbahnen mit zwei Fahrstreifen werden 80% Direktquerer (tw_1) und 20% Umwegläufer (tw_2) berücksichtigt. Bei zweistreifigen Einbahnstraßen wird der Ansatz für Direktquerer verwendet.
- Bei vierstreifigen Straßen im Gegenverkehr werden 20% Direktquerer (tw_1) und 80% Umwegläufer (tw_2) berücksichtigt.
- Bei Stadtautobahnen sowie bei sonstigen mehrstreifigen Straßen sowohl als Richtungsfahrbahn als auch im Gegenverkehr wird nur die Wartezeit tw_3 angesetzt.
- Bei Erschließungsstraßen wird keine Trennwirkung angesetzt.

Der Querungsbedarf wird über die Anzahl der betroffenen Anwohner und über die Überquerungshäufigkeit ermittelt. Diese wird wiederum konstant mit drei Überquerungen je betroffenem Anwohner und Tag angenommen.

Die jährlichen Nutzen durch Veränderungen der Trennwirkungen werden wie folgt berechnet:

$$NU_3 = ZK_{a,vg} - ZK_{a,pl} \qquad [€/a].$$

Die Trennwirkung ZK_a wird ermittelt aus der Gesamtwartezeit W der Fußgänger im betrachteten Netz und dem Zeitkostenansatz der Fußgängerstunde WZ = 6,54 €/h:

$$ZK_a = W \cdot WZ \qquad [€/a].$$

Die Wartezeit W [h/a] wird ermittelt aus der Anzahl der Betroffenen, der angenommenen Anzahl von Überquerungen je Betroffenem und Tag sowie einer über die fünf höchstbelasteten Stundengruppen T_t, t = 1..5 je Fahrzweckgruppe (Werktag (w), Urlaubswerktag (u), Sonn- und Feiertag (s)) gemittelten Wartezeit tw je Überquerung:

$$W = \left(\frac{365 \cdot \ddot{U}}{3600} \frac{1}{T_{bel}} \right) \sum_i \sum_{w,u,s} \sum_{t=1}^{5} tw_{i,t} \cdot B_i \cdot T_{t,wus} \qquad \text{[Warte - h/a]},$$

$$T_{bel} = \sum_{w,u,s} \sum_{t=1}^{5} T_{t,wus} = 2640 \text{ h/a}.$$

Darin bedeuten:

T_{bel} Dauer der berücksichtigten fünf höchstbelasteten Stundengruppen [h/a],

i Netzabschnitt,

t	Index der Stundengruppe in der Dauerlinie,
$Ü$=3=konst.	Anzahl der durch Trennwirkung betroffenen Überquerungen pro betroffenem Anwohner und Tag [Ü/A·24h],
$tw_{i,t}$	Fußgängerwartezeit im Netzabschnitt i [s/Ü],
T_t	Stundenanzahl in der Stundengruppe t der Dauerlinie [h/a] und
B_i	Anzahl der betroffenen Anwohner A im Netzabschnitt i [A].

Die Ermittlung der Betroffenenanzahl erfolgt über das System der Stadtmodellbausteine.

6.3.4 Veränderung der Flächenverfügbarkeit (NF)

Bei dieser Komponente wird die Aufwertung der Innenstädte durch mehr Platz für Fußgänger und Fahrradfahrer bewertet. Die Datengrundlage zur Berücksichtigung dieser Nutzenkomponente bilden Lagepläne, Luftbilder oder eine örtliche Bestandsaufnahme der Seitenräume der zu untersuchenden Streckenabschnitte. Die Abschnittseinteilung der Strecken zur Bewertung der Gehwegflächen erfolgt nach dem Kriterium gleicher Gehwegbreite und gleicher baulichen Nutzungsstruktur. Für die unterschiedlichen Nutzungsarten werden Zielbreiten für Gehwege definiert:

- Abschnitte mit Wohn-, Büro- oder Gewerbenutzung:

  $F_{z,GW}$ = 2,5 m.

- Abschnitte mit dichter Geschäftsnutzung, Gastronomie oder anderen Aufenthalt erzeugenden Nutzungen:

  $F_{z,GW}$ = 5,0 m.

- Unter der Voraussetzung einer Mindestverkehrsstärke von 10.000 Fz/24h wird für den Fahrradverkehr eine Zielbreite von 2,0 m angesetzt. Die Betrachtungsabschnitte werden eingeteilt nach der Existenz einer Radverkehrsanlage und einer Verkehrsstärke unter bzw. über 10.000 Fz/24h.

Diese Zielbreiten stimmen mit den in der RASt 2006 /FGSV 2007/ angegebenen Regelbreiten überein. Dort wird als Regelbreite für einen Gehweg ein Wert von 2,5 m empfohlen, der sich in Abhängigkeit von der Seitenraumnutzung auf bis zu 5 m erhöht. Für Radwege empfiehlt die RASt 2006 ebenfalls eine Regelbreite von 2 m.

Der Wertansatz für die Flächenverfügbarkeit ergibt sich aus den mittleren Herstellkosten für Geh- und Radwege. Die Kosten inklusive Mehrwertsteuer im bayerischen Durchschnitt betragen etwa 75 Euro pro Quadratmeter. Unter Annahme eines mittleren Annuitätenfaktors für Asphalt und Pflaster ergibt sich der Wertansatz:

$$WF = 3{,}0\ €/(m^2 \cdot a).$$

Damit ergeben sich jährliche Kosten durch eingeschränkte Flächenverfügbarkeit:

$$FK_i = (F_{z,GW} - F_{i,GW}) \cdot WF \cdot L_i + (F_{z,RW} - F_{i,RW}) \cdot WF \cdot L_i \qquad [€/a].$$

Darin bedeuten:

$FK_{a,i}$ jährliche Kosten durch eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für Fußgänger und Radfahrer im Betrachtungsabschnitt *i,*

$F_{z,GW}$ Zielwert Gehwegbreiten [m],

$F_{i,GW}$ Gehwegbreite im Betrachtungsabschnitt *i* [m],

$F_{z,RW}$ Zielbreite Radverkehrsanlage [m],

$F_{i,RW}$ Radwegbreite im Betrachtungsabschnitt [m],

WF = 3,0 €/(m^2·a) und

L Länge des Streckenabschnitts [m].

Der Nutzen aus Veränderung der Flächenverfügbarkeit für Fußgänger, sich auf dem Gehweg aufhaltende Personen und Radfahrer wird über die Differenz der über die Streckenabschnitte *i* aufsummierten Kosten für den Vergleichsfall und den Planfall ermittelt:

$$NF = \sum_i FK_{i,vg} - \sum_i FK_{i,pl} \qquad [€/a].$$

6.3.5 Nachrüstung bestehender Straßen in Wasserschutzgebieten (NU_5)

Zum Schutz der Trinkwasservorkommen sollen bereits genutzte oder zur Nutzung vorgesehene Wasservorkommen durch Schutzgebiete gesichert werden (LEP B I. 3.2.2.3). Dadurch werden an Straßenbauvorhaben durch diese Gebiete (Trinkwasserschutzgebiete und qualitative Heilquellenschutzgebiete) besondere Anforderungen gestellt. Bereits existierende Straßen, die diesen Anforderungen nicht genügen, sollen bevorzugt nachgerüstet bzw. verlegt werden. Die Nutzen sind im Sinne eines Vermeidungskostenansatzes zumindest die normierten Kosten W_{WS} [€/km] für die Nachrüstung. Diese neu eingeführte Nutzenkomponente NU_5 soll einerseits wirksam werden, wenn beim Ausbau von Straßen in Wasserschutzgebieten Schutzmaßnahmen vorgesehen werden. Andererseits sollen, wenn eine Straße durch Verlegung ganz oder teilweise aus dem Schutzgebiet entfernt wird, die eingesparten Nachrüstungskosten als Nutzen eingehen.

Die Kosten sind u. a. abhängig von der betroffenen Schutzzone, dem durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) sowie der Schutzwirkung der Grundwasserbedeckung. Da letztere einer genaueren geologischen Untersuchung bedarf, was eine detaillierte Abstimmung zwischen Wasserwirtschaftsamt und Staatlichem Bauamt erforderlich macht, werden für die Bewertung in einem vereinfachten Ansatz nur Schutzzone und DTV berücksichtigt. Die Kostensätze betragen:

W_{WS} = 500.000 €/km	in der engerer Schutzzone (Zone II)
W_{WS} = 350.000 €/km	in der weiteren Schutzzone (Zone III) bei DTV ≥ 2.000 Kfz/24h
W_{WS} = 100.000 €/km	in der weiteren Schutzzone (Zone III) bei DTV < 2.000 Kfz/24h.

Um bei Änderungen des DTV zwischen Vergleichs- und Planfall am Schwellenwert von DTV = 2.000 Kfz/24h Unstetigkeiten der Bewertungsfunktion und daraus resultierende Artefakte zu vermeiden, soll bei der Wahl des Kostensatzes für Vergleichs- und Planfall jeweils der gleiche Wert für den DTV angesetzt werden. Dies kann der DTV des Vergleichsfalls oder der Mittelwert zwischen Vergleichs- und Planfall sein.

Für die Berechnung der Nutzen ergibt sich:

$$NU_5 = \sum_i W_{WS} \cdot L_i \cdot a_{WS} \ ,$$

Darin bedeuten:

i Streckenindex,

W_{WS} normierte Kosten zur Nachrüstung [€/km],

L Abschnittslängen bestehender Strecken in Wasserschutzgebieten [km] und

a_{ws} = 0,05743·1/a Annuitätenfaktor unter Annahme einer mittleren Nutzungsdauer von 25 Jahren (analog zur Anlage von Amphibiendurchlässen, siehe unten).

Die angegebenen Kosten berücksichtigen die Mehrkosten durch einen Ausbau der Straße gemäß den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten - Ausgabe 2002 /FGSV 2002/. In Einzelfällen können die Kosten aufgrund einer schwierigen Entwässerungssituation auch höher liegen. In solchen Fällen kann einzelfallbezogen in einer nicht-monetären Bewertung über die Bauwürdigkeit und Dringlichkeit der Projekte entschieden werden.

6.3.6 Förderung des Radverkehrs (NU_6)

Die Stärkung des Radverkehrs und der Ausbau des Radwegenetzes ist ein wichtiger Teil bayerischer Verkehrspolitik. Bei Straßenneubau oder -ausbauprojekten soll deshalb der Bau von Radwegen gezielt gefördert werden. Es wird daher analog zur Komponente NF der Wertansatz

$$WF_{RVA} = 3{,}0 \text{ €}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}).$$

berücksichtigt. Damit ergeben sich jährliche Nutzen durch die Schaffung einer RVA:

$$NU_6 = \sum_i B_{RVA,i} \cdot WA_{RVA} \cdot L_i \qquad [€/a].$$

Darin bedeuten:

i Streckenindex,

$B_{RVA,i}$ Breite der geplanten Radverkehrsanlage (RVA) im Abschnitt *i* [m],

WF_{RVA} = 3,0 €/(m²·a), Kostensatz analog zur Komponente NF und

L_i Länge der Strecke, auf der die RVA geplant ist, im Abschnitt *i* [m].

Liegen zum Zeitpunkt der Bewertung keine Informationen über die geplante Radwegbreite vor, so werden folgende Standardwerte verwendet:

B_{RVA} = 1,6 m bei beidseitigem Radweg

B_{RVA} = 2,0 m bei einseitigem Radweg

Diese Werte entsprechen den Mindestwerten für die Regelbreiten von Einrichtungs- bzw. Zweirichtungsradwegen nach den RASt 2006 /FGSV 2007/.

6.3.7 Erhaltung der Artenvielfalt (NA)

Berücksichtigt werden Maßnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt durch die Anlage von Amphibiendurchlässen. Ein Nutzen durch die Anlage von Amphibienschutzanlagen kann nur bei Ausbauprojekten wirksam werden. Er wird als ökologischer Wert vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Akzeptanz in Höhe der durchschnittlichen Kosten von Bau und Pflege der Schutzmaßnahmen abgeschätzt.

Die durchschnittlichen Investitionskosten (netto) *KA* werden bezogen auf die Streckenlänge einer Straße mit Amphibienschutzanlagen (beidseitig) wie folgt beziffert

KA = 252 €/m

und die jährlichen Wartungskosten (netto) *KW* für den Unterhalt der Anlagen belaufen sich auf

KW = 2 €/(m·a).

Die Amphibienwanderwege werden in naturschutzfachlich besonders bedeutsame Amphibienquerungen – die eine vordringliche Schutzpriorität aufweisen – und in sonstige Amphibienquerungen unterschieden. Die vordringliche Schutzpriorität der aus naturschutzfachlicher Sicht besonders bedeutsamen Amphibienquerungen schlagen sich in einem Priorisierungsfaktor C_{NA} nieder.

Damit folgt für die Nutzenkomponente NA_1:

$$NA_1 = C_{NA} \cdot \left(KA \cdot a_n + KW\right) \cdot \sum_i L_i ,$$

worin

L_i die Länge des mit Amphibienschutzanlagen auszurüstenden Streckenabschnitts *i* [m],

a_n = 0,05743·1/a (d_q=25 a) Annuitätenfaktor und

C_{NA} Priorisierungsfaktor
= 1,5 für naturschutzfachlich besonders bedeutsame Amphibienquerungen bzw.

= 1,0 für sonstige Amphibienquerungen

bedeuten. Die Kosten berücksichtigen sowohl die Leiteinrichtungen als auch die Durchlässe, die sich innerhalb des betrachteten Streckenabschnittes befinden.

6.4 Raumordnung und Entwicklung

Unter der Nutzenkomponente „Raumordnungsaspekte mit landespolitischer Bedeutung (NR)“ werden die Nutzenanteile NR_1, NR_2 und NR_4 des BVWP-Verfahrens zusammengefasst. NR_1 berücksichtigt regionale Beschäftigungsaspekte aus dem Bau, NR_2 aus dem Betrieb von Verkehrswegen, NR_4 bewertet den internationalen Austausch. Die Komponente „Raumordnung auf kommunaler Ebene NR_k “ dient der Stärkung strukturschwacher Räume. Die Gesamtkomponente NR ergibt sich als Summe der Einzelkomponenten:

$$NR = \sum_i NR_i$$

6.4.1 Beiträge zur Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung aus dem Bau von Verkehrswegen (NR_1)

Die Quantifizierung von Beschäftigungseffekten aus dem Bau von Verkehrswegen erfolgt über die Abschätzung der für die Projektdurchführung erforderlichen Arbeitskräfte bzw. des Anteils der Arbeitseinkommen an den Investitionskosten. Die regionale Differenzierung der Beschäftigungseffekte während der Bauphase wird anhand einer Skalierungsfunktion vorgenommen. Auf Basis der strukturellen Arbeitslosenquote einer Region wird festgelegt, wie viele der im Planungsfall Beschäftigten im Vergleichsfall arbeitslos geblieben wären. Mit Hilfe des Differenzierungsfaktors wird der nutzenrelevante Teil der durch die Investition bedingten Beschäftigungswirkung bestimmt. Die regionalen Differenzierungsfaktoren sind in Tabelle 6-24 dargestellt.

Der jährliche Nutzen aus Beschäftigungseffekten NR_1 während der Bauphase wird ermittelt nach:

$$NR_1 = p_a \cdot e \cdot K \cdot a_n \qquad [€/a].$$

Darin bedeuten:

p_a regionale Differenzierungsfaktoren nach Tabelle 6-24,

e = 10,25% nutzenrelevanter Anteil an den Investitionskosten,

K Investitionskosten [€] und

a_n mittlerer Annuitätenfaktor des Projekts [1/a].

Der nutzenrelevante Anteil an den Investitionskosten e = 10,25% ergibt sich als Produkt aus den Personenjahren pro 100 Mio. € Investitionskosten A, dem Alternativkostensatz pro Arbeitsplatz und Jahr W_{AP} sowie dem Anteil der regional zurechenbaren Beschäftigten r:

$$e = A \cdot r \cdot W_{AP} \cdot 10^{-8},$$

worin r = 0,4 angesetzt wird.

Tabelle 6-24: Regionale Differenzierungsfaktoren nach BVWP 2003 (NR_1)

(Raumordnungs-) Region		p_a
Nr.	Bezeichnung	
1	Bayerischer Untermain	0,111
2	Würzburg	0,077
3	Main-Rhön	0,154
4	Oberfranken West	0,116
5	Oberfranken Ost	0,136
6	Oberpfalz Nord	0,130
7	Industrieregion Mittelfranken	0,144
8	Westmittelfranken	0,079
9	Augsburg	0,108
10	Ingolstadt	0,112
11	Regensburg	0,097
12	Donau-Wald	0,072
13	Landshut	0,069
14	München	0,079
15	Donau-Iller (BY)	0,092
16	Allgäu	0,080
17	Oberland	0,052
18	Südostoberbayern	0,065

6.4.2 Beiträge zur Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung aus dem Betrieb von Verkehrswegen (NR_2)

Der resultierende Nutzen aus Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung aus dem Betrieb von Verkehrswegen ist, differenziert nach Projekttyp und Region, proportional zur Länge der geplanten Straße. Die im Zuge der Staatsstraßen in Bayern zu bewertenden Straßenbauprojekte weisen im Regelfall geringe räumliche Ausdehnungen von wenigen Kilometern Länge auf, so dass überregionale Effekte in NR_2 nicht zu erwarten sind.

Als ein Maß für die Bedeutung des Straßenbauprojekts wurde eine Proportionalität von NR_2 zu den in einer für alle raumordnerisch relevanten Projekte zusätzlich durchgeführten Raumwirksamkeitsanalyse (RWA) berechneten Raumordnungspunkten (ROP) eingeführt.

In der Komponente NR_2^0 werden die Wirkungen durch Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung erfasst, die sich daraus ergeben, dass auch im gesamtwirtschaftlichen Gleichgewicht in strukturell benachteiligten Regionen Arbeitskräfte aufgrund mangelnder Mobilität ohne Beschäftigung bleiben können. Führen Verkehrswegeinvestitionen über eine Verbesserung der Standortgunst in strukturschwachen Gebieten zur Schaffung oder Erhaltung von Arbeitsplätzen, die ohne das Projekt in vollbeschäftigten Regionen entstanden bzw. dorthin abgewandert wären.

Die Berechnungsvorschrift für die Beiträge NR_2^0 zur Überwindung konjunkturneutraler Unterbeschäftigung während der Betriebsphase lautet:

$$NR_2^0 = AP \cdot WA_p \cdot p_a \cdot f_v \cdot L \qquad [€/a].$$

Darin bedeuten:

AP geschaffene Arbeitsplätze je Streckenkilometer BAB, *AP* = 8,

W_{Ap} = 11.500 €/a, Wertansatz je Arbeitsplatz und Jahr, siehe unten,

p_a regionaler Differenzierungsfaktor (Tabelle 6-24),

fv *verkehrszweigspezifische Differenzierung zur Berücksichtigung unterschiedlicher Wirkungsgrade von Verkehrswegebauten auf die Beschäftigung sowie unterschiedlicher normierter Investitionskosten pro Streckenkilometer:*

Neubau: fv = 0,40; Ausbau: fv = 0,09 und

L *Projektlänge [km].*

Für alle raumordnerisch relevanten Projekte werden zusätzlich zur Nutzen-Kosten-Analyse eine Raumwirksamkeitsanalyse (RWA) durchgeführt. Darin werden in Abhängigkeit von der Verbindungsfunktionsstufe der Straße und des Entwicklungspotentials bzw. der Strukturschwäche des Raums bis zu neun Raumordnungspunkte vergeben: ROP = 1 bei niedriger Verbindungsfunktionsstufe und geringen Entwicklungspotentials bis zu ROP = 9 bei sehr hoher Verbindungsfunktionsstufe und hohem Entwicklungspotentials. Bei Straßenbauprojek-

ten, für die aufgrund der Verbindungsfunktionsstufe als Ergebnis der RWA keine ROP zugeordnet werden sollen auch keine Nutzenbeiträge der Komponente NR2 wirksam werden, bei Straßenbauprojekten mit ROP = 9 soll der Beitrag maximal sein (Tabelle 6-25). Entsprechend wird für die Berechnung von NR2 angesetzt:

$$\mathbf{NR_2 = p \cdot NR_2^0}$$

Tabelle 6-25: Differenzierungsfaktor p in Abhängigkeit von ROP

Raumordnungspunkte (ROP)	p
0	0,00
1	0,35
2	0,50
3	0,65
4	0,85
5	1,00
6	1,15
7	1,35
8	1,50
9	1,65

6.4.3 Förderung des internationalen Informations- und Leistungsaustauschs (NR_4)

Die Verbesserung grenzüberschreitender Verkehrsverbindungen kann positiv zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung des Bundesgebietes und zur Förderung des internationalen Informations- und Warenaustauschs beitragen. Es werden solche Projekte berücksichtigt, die besondere Bedeutung im Hinblick auf vorhandene oder geplante internationale Verbindungen sowie auf Verbindungen in die neuen Bundesländer haben. Eine Förderung des internationalen Informations- und Leistungsaustauschs ist bei den bewerteten Projekten im bayerischen Staatsstraßennetz nur in wenigen Fällen an der Grenze zu Tschechischen Republik und zu den neuen Bundesländern gegeben.

Der Nutzenbeitrag zur Förderung nationaler und internationaler Beziehungen wird wie folgt ermittelt:

$$NR_4 = c \cdot P_{maßg} \cdot (NB_1 + NB_2 + NE) \qquad [€/a],$$

Darin bedeuten:

c *maximaler Nutzenanteil der Zeit- und Betriebskostenersparnisse:*

c = 0,10 (BASB 2000),

Pmaßg *maßgeblicher Differenzierungsfaktor zur Förderung internat./nat. Beziehungen:*

$P_{maßg}$ = max (P_w; P_u; P_s) mit $$P_{w/u/s} = \frac{DTV_{\Pr ojekt,pl}}{\sum_j DTV_{j,pl}}(w,u,s) \cdot \frac{L_{Gr}}{L_{\Pr ojekt}},$$

P *Differenzierungsfaktor (maximal 1,0),*

DTVProjekt,pl *durchschnittlicher täglicher Verkehr des Projekts im Planfall [Fz/24h],*

DTVj,pl *durchschnittlicher täglicher Verkehr aller Staatsstraßen j, die zu den Grenzübergängen eines Grenzabschnitts führen, einschließlich der Landesgrenzen zu den neuen Bundesländern) [Fz/24h],*

w,u,s *Fahrzweckgruppe (Werktag, Urlaubswerktag, Sonn- und Feiertag),*

LGr *für die Verbesserung des Grenzverkehrs relevante Länge des Projekts [km] und*

LProjekt *Länge des Projekts [km].*

6.4.4 Raumordnungsaspekte auf kommunaler und regionaler Ebene (NR_k)

Zur Berücksichtigung raumordnerischer Vorteile werden die regional unterschiedlich geprägten Strukturen in Bayern hinsichtlich der Arbeitsplatz- und Bevölkerungsentwicklung, der Ortslage entlang einer Entwicklungsachse und/oder in einem Fremdenverkehrsgebiet sowie der verschiedenen Gebietskategorien betrachtet. Hintergrund ist die Stärkung strukturschwacher Räume unter dem Aspekt der Vermeidung von Umweltbeeinträchtigung. Die dabei berechneten Nutzen dürfen jedoch nicht größer werden als die annuisierten Kosten.

Durch Verkehrswegeinvestitionen können raumordnerische Veränderungen in den Bereichen Beeinträchtigung bzw. Förderung der Funktionsfähigkeit von Wohnbereichen und Attraktivitätssteigerung bzw. -minderung von Städten oder Stadtteilzentren auftreten. Diese Bereiche werden hier durch die Größen Geräuschbelastung, Schadstoffbelastung, Trennwirkung, Erreichbarkeit, Verkehrssicherheit und Beförderungskosten charakterisiert.

Die ermittelten Nutzenbeträge dieser Komponenten werden zusammengefasst und mit einem regionalen Differenzierungsfaktor multipliziert, der sich aus infrastrukturellen Größen der Region ableitet. Der Differenzierungsfaktor wird bestimmt durch

- die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklungen,
- die Gebietskategorie,
- die Einstufung zentraler Orte nach LEP 2006 sowie
- die Ortslage in einem Fremdenverkehrsgebiet oder entlang einer Entwicklungsachse.

Eine Übersicht der Einzelkomponenten des regionalen Präferenzierungfaktors gibt Tabelle 6-26, die Einzelfaktoren werden je nach Ortslage des zu bewertenden Projekts bestimmt.

Die in jeder Zeile von Tabelle 6-26 angegeben Werte für die Faktoren b_i (i є {*B, A, ZO, G, EF*}) sind Alternativen, z. B. kann es sich bei einem zentralen Ort nur entweder um ein Oberzentrum (b_{ZO}=0,25) oder um ein Mittelzentrum (b_{ZO}=0,15) etc. handeln. In einigen Fällen sind jedoch Zuschläge möglich. Wenn der Zentrale Ort aus dem vorgenannten Beispiel nach LEP 2006 bevorzugt zu entwickeln ist, so wird der zuvor vergebene Wert entsprechend um 0,05 erhöht. In diesen Fällen ist dem Wert von b_i ein „+“-Zeichen vorgestellt.

Die Faktoren b_B, b_A, b_{ZO}, b_G und $b_{E,F}$ werden addiert. In Analogie zur Vorgehensweise beim BASB 2000 wird der Präferenzierungsfaktor mit einem Faktor a = 0,3 bzw. 0,4 in den Grenzregionen zu Tschechien und den Nachbarregionen zu Sachsen und Thüringen oder anderen strukturschwachen Regionen multipliziert. Durch die Wichtungsfaktoren c_i ist eine Gewichtung der Komponenten des Differenzierungsfaktors unter einander möglich. Bei der Nutzen-Kosten-Ermittlung im Rahmen der Aufstellung des 7. Ausbauplans werden, erhalten alle c_i den Wert „1“.

$$b_k = a \cdot \frac{5}{\sum_i c_i} \sum_i c_i \cdot b_i \ .$$

Der Wert der Nutzenkomponente NR_k ergibt sich damit zu:

$$NR_k = \text{Minimum}\ (b_k \cdot (NU_1 + NU_2 + NU_3 + NE + NS + NB),\ K) \qquad [€/a],$$

darin bedeuten:

NU_1	Nutzen aus Veränderung der Geräuschbelastung,
NU_2	Nutzen aus Veränderung der Schadstoffbelastung und Klimagase,
NU_3	Nutzen aus Veränderung der Trennwirkungen,
NE	Nutzen aus Veränderung der Erreichbarkeit,
NS	Nutzen aus Veränderung der Verkehrssicherheit und
NB	Nutzen aus Veränderung der Beförderungskosten
K	annuisierte Projektkosten, obere Grenze für die Komponente NR_k.

Tabelle 6-26: Komponenten des regionalen Differenzierungsfaktors

Bevölkerungsentwicklung bis 2028	**Veränderung gegenüber 2008**	b_B
	Zunahme	0,00
	0% bis -2,5%	0,05
	-2,5% bis -7,5%	0,15
	unter -7,5%	0,25
Arbeitsplatzentwicklung bis 2025	**Fördergebiet**[1]	b_A
	kein Fördergebiet	0,00
	D-Fördergebiet	0,15
	C-Fördergebiet	0,25
Zentrale Orte	**Definition nach LEP**	b_{ZO}
	Oberzentrum	0,25
	mögl. Oberzentrum	0,20
	Mittelzentrum	0,15
	mögl. Mittelzentrum	0,10
	Unterzentrum	0,05
	bevorzugt zu entwickeln (Zuschlag)	+0,05
Gebietskategorien	**Definition nach LEP**	b_G
	Stadt und Umlandbereich im Verdichtungsraum	0,05
	äußere Verdichtungszone	0,05
	allgemeiner ländlicher Raum	0,10
	Stadt- und Umlandbereich im ländlichen Raum	0,10
	ländlicher Teilraum im Umfeld großer Verdichtungsräume	0,05
	ländlicher Teilraum, der nachhaltig gestärkt werden soll	0,25
	Alpengebiet	0,00
Lage		b_{EF}
	entlang Entwicklungsachse LEP	0,25
	Gebiet mit erheblichem Urlaubstourismus (Zuschlag)	+0,25
	Gebiet mit entwicklungsfähigem Urlaubstourismus (Zuschlag)	+0,15

6.4.5 Veränderung des Erholungs- und Freizeitwerts (NFw)

In der Bewertungskomponente NFw werden projektbedingte Entlastungswirkungen in Abhängigkeit von der Gebietslage berücksichtigt. Positive Beiträge zur Aufwertung der Erho-

[1] Fördergebiete nach Einteilung der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ 2007-2013 des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi)

lungsfunktion eines Untersuchungsraumes erwirken die Verminderungen von Umweltbelastungen, die im Planfall durch die Maßnahmenrealisierung zu erwarten sind. Ebenfalls berücksichtigt wird die Flächenverfügbarkeit für den nicht-motorisierten Verkehr. Die Projektwirkungen auf den Erholungs- und Freizeitwert werden durch Veränderungen der NU-Komponenten beschrieben, auf die lokale Umwelt wirken. Der Anteil der CO_2-Minderung bleibt deshalb unberücksichtigt. Damit ergibt sich für NFw

$$NFw = b_{S2} \cdot (NU_1 + NU_2^* + NU_3 + NF) \qquad [€/a],$$

darin bedeuten:

NU_1 Veränderung der Geräuschbelastung,

NU_2^* Veränderung der Schadstoffbelastung: $NU_2^* = NU_2 - NU_{CO_2}$,

NU_3 Einfluss auf Trennwirkungen und

b_{S2} Anzahl Gästeübernachtungen/Anzahl Einwohnerübernachtungen.

Als Maßstab für die Bedeutung des Fremdenverkehrs für eine Region wird das Verhältnis der jährlichen Gästeübernachtungen zu den Einwohnerübernachtungen angesetzt. Als Neuerung gegenüber BASB 2000 wird der Parameter b_{S2} in Gebieten mit entwicklungsfähigem Erholungstourismus (nach LEP 2006) mindestens auf den Wert b_{s2} = 0,01 gesetzt, sofern der Parameter sonst kleiner ist. So wird das Potential zur Entwicklung mit bewertet.

6.5 Ermittlung der Projektkosten

Die Projektkosten umfassen die durch die Straßenbauinvestition entstehenden Aufwendungen, d. h. die Kosten zur Herstellung oder Erneuerung der Straße (hierzu zählen beispielsweise auch durch das Bauprojekt erforderliche naturschutzrechtlichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen). Sie werden wie die Nutzen auf den einheitlichen Preisstand des Jahres 2009 umgerechnet, für alle Kostengruppen außer dem Erwerb von Bauland wird der vom Statistischen Bundesamt erhobene Baupreisindex Deutschland (Daten ohne Umsatzsteuer) für Bauleistungen am Bauwerk (Tiefbau) für Straßenbau bzw. Brücken im Straßenbau /SBA 2010/ angesetzt (Abbildung 6-1).

Die regionalen Variationen der Baulandpreise sind größer als die zeitlichen Variationen. Zeitliche Schwankungen sind oft Folge einer sich regional ändernden Verteilung der Bauvorhaben. Es wird daher auf eine Fortschreibung der Baulandpreise verzichtet.

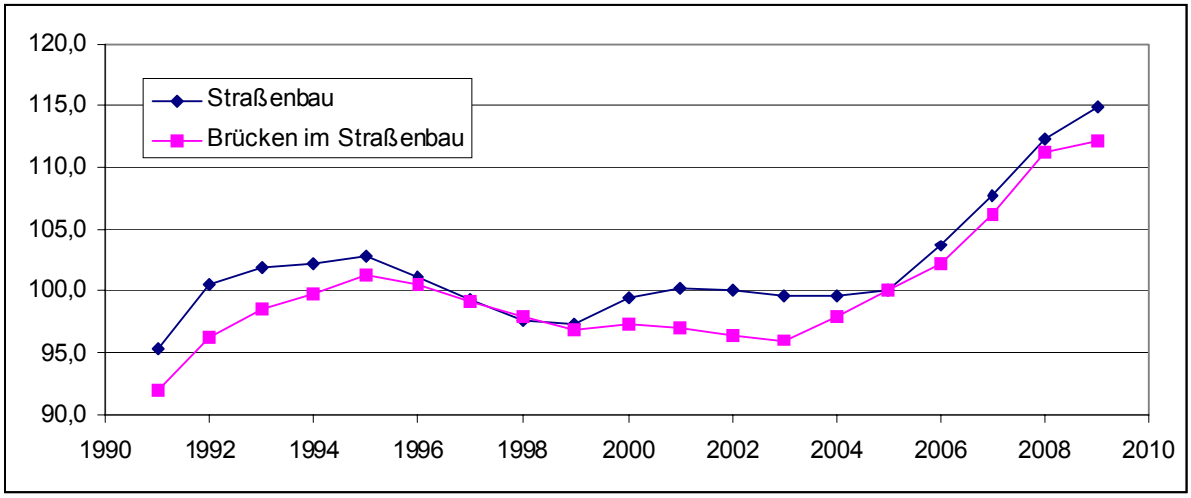


Abbildung 6-1: Baupreisindex Bauleistungen am Bauwerk, Quelle: Stat. Bundesamt

Den Bauleistungen werden Nutzungsdauern (technische Abschreibungszeiträume) zugewiesen. Die Gesamtinvestition wird in Teilleistungen entsprechend den Hauptgruppen nach AKS (Anweisung zur Kostenberechnung für Straßenbauvorhaben) mit entsprechenden Abschreibungszeiträumen aufgegliedert und auf einen definierten Bezugszeitpunkt (1. Januar des Jahres nach Verkehrsübergabe) auf- bzw. abgezinst.

Tabelle 6-27: Richtwerte für Abschreibungszeiträume und Annuitätenfaktoren

Teilleistungen *q*	**Abschreibungs-zeitraum d_q [a]**	**Annuitätenfaktor a_q** (p = 3%) [1/a]
Planung und Bauleitung	∞	0,03000
Grunderwerb und Entschädigung	∞	0,03000
Untergrund, Unterbau, Wälle, Frostschutzschicht	100	0,03165
Entwässerung	75	0,03367
Tragschichten	50	0,03887
Fahrbahndecken	25	0,05743
Asphalt	25	0,05743
Binder	25	0,05743
Deckschicht	12,5	0,09712
Beton	25	0,05743
Pflaster	50	0,03887
Amphibientunnel	25	0,05743
Ausrüstung Wasserschutzgebiet	25	0,05743
Brücken	50	0,03887
Stützwände	50	0,03887
Tunnel	50	0,03887
Ausstattung	10	0,11723
Lärmschutzwände	25	0,05743

Quelle: BASB 2000 nach EWS 1997

Tabelle 6-27 enthält die Richtwerte für die Abschreibungszeiträume d_q sowie die mit Hilfe einer einheitlich zugrunde liegenden Aktualisierungsrate ermittelten Annuitätenfaktoren der Anlagenteile nach BASB 2000. Die Aktualisierungsrate (p = 3%) spiegelt das prognostizierte Wachstum der Wirtschaft wider und gleicht die Annahme konstanter Preise aus. Sie wird zur Berechnung der Annuitätenfaktoren verwendet.

Liegt im Einzelfall keine Aufteilung der Bauleistungen vor, sollte mit der Ausgabenverteilung (K_q/K in %) und den entsprechend zugeordneten Abschreibungszeiträumen nach Tabelle 6-28 gerechnet werden.

Tabelle 6-28: Pauschale Ausgabenverteilung mit Abschreibungszeiträumen

Teilleistungen *q*	**Anteil**	**Abschreibungszeitraum d_q [a]**	**Annuitätenfaktor a_q** (p = 3%/a) [1/a]
Grunderwerb	13%	∞	0,03000
Kunstbauten	30%	50	0,03887
Erdbau	25%	90	0,03226
Deckenbau	22%	25	0,05743
Ausstattung/Sonstiges	10%	10	0,11723

Quelle: BVWP 2003

Da die zeitliche Verteilung der Ausgaben nicht bekannt ist, werden gemäß BVWP 2003 standardisiert jeweils 21% in den vier Jahren vor dem Bezugszeitpunkt und jeweils 8% in den zwei Jahren danach angenommen.

Die jährlichen Investitionskosten werden berechnet nach

$$K = \sum_q KB_q \cdot a_q \qquad [€/a], \quad \text{mit} \quad KB_q = A_q \cdot (1+p)^r \qquad [€]$$

Darin bedeuten:

KB_q Baukosten (zum Bezugszeitpunkt auf- bzw. abgezinste Ausgaben für eine Bauleistung mit einem Abschreibungszeitraum von d_q Jahren),

q Index der Teilleistungen,

a_q Annuitätenfaktor,

A_q Ausgaben (ohne Mehrwertsteuer zum Preisstand 2009) für eine Bauleistung mit einer Nutzungsdauer (Abschreibungszeitraum) von d_q Jahren,

p = 0,03 (Aktualisierungsrate),

r Aufzinsungszeiträume [a] (Zeiträume zwischen Ausgabentätigung und Bezugszeitpunkt).

Der mittlere Annuitätenfaktor eines Straßenbauprojekts wird berechnet als mit den Kostenanteilen gewichteter Mittelwert der Einzelfaktoren:

$$a_n = \sum_q \frac{K_q}{K} \cdot a_q \qquad [1/a]$$

Daraus lässt sich die mittlere Nutzungszeit n berechnen:

$$n = \frac{\ln\left(\frac{a_n}{a_n - p}\right)}{\ln(1+p)},$$

Sie ist gleich dem Betrachtungszeitraum.

7 Besondere Projektarten

Neben dem Neubau von Straßen und den Ausbau bestehender Straßen werden im Rahmen der Aufstellung des 7. Ausbauplans auch Projekte betrachtet, bei denen schienengleiche Bahnübergänge beseitigt bzw. entlastet werden und Brückenbauwerke erneuert werden sowie Höhenbeschränkungen umgangen werden. Im Folgenden wird auf diese besonderen Projektarten und die Berücksichtigung in der Nutzen-Kosten-Analyse eingegangen.

7.1 Beseitigung schienengleicher Bahnübergänge

Die Bewertung der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen erfordert die Anpassung der vorgestellten Verfahrenskomponenten an die besonderen Merkmale dieses Projekttyps.

Für die Bewertung werden folgende Daten benötigt:

- Anzahl der Züge pro Jahr (Zugfrequenzen)
- Sperrzeit pro Tag
- Angabe darüber, ob es sich um eine Über- oder Unterführung im Verlauf der Straße (oder im Verlauf der Bahnlinie) handelt
- Angabe darüber, ob es sich um eingleisige oder mehrgleisige Bahnstrecke handelt
- Anzahl Radfahrer pro Tag
- Mittlerer Kostensatz für die Erneuerung des Bahnübergangs (NW_1)
- Zuschlag/Kostensatz für laufende Betriebskosten des Bahnübergangs (NW_2)

Durch die Beseitigung schienengleicher Bahnübergänge im Zuge der Staatsstraßen sollen auch zunehmende Beeinträchtigungen des Verkehrsablaufs durch die Erhöhungen der Zugfrequenzen verhindert werden.

Veränderung der Fahrzeiten, des Kraftstoffverbrauchs, der Betriebs- und Vorhaltungskosten

Grundlage für die Berechnung der Wirkungen bei Lohn- und Fahrzeugvorhaltungskosten ist die mittlere Wartezeit pro Fahrzeug. Sie wird in Analogie zur Wartezeit an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten berechnet /BMV 1994/. Hierzu wird aus den von den Dienststellen der Bahn AG vorgegebenen Zugbewegungen und Schließzeiten der Bahnübergänge eine mittlere Umlaufzeit und eine mittlere Sperrzeit jeweils für die Spitzenverkehrszeiten und die übrigen Bahnbetriebsstunden berechnet. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass im Spitzenverkehr (innerhalb der ersten fünf Stundengruppen je Werk-, Urlaubs- und Sonntag) ein Drittel der Züge verkehren.

Zur Berechnung der Nutzen für die Betriebsführung (NB) und die verbesserte Erreichbarkeit (NE) werden die über das Jahr kumulierten Wartezeiten je Fahrzeugart (P, L, Z, B) und Nutzungsart (geschäftlich, privat) mit den Vorhalte- und Lohnkostensätzen multipliziert. Die mittlere Wartezeit wird für alle Stundengruppen in Abhängigkeit des Grünzeitanteils (Funktion von Schließzeit und Anzahl Züge pro Stunde), der Umlaufzeit (Funktion der Anzahl Züge pro Stunde) und des mittleren Auslastungsgrads der Strecke bestimmt. Diese bei schienengleichem Bahnübergang durchschnittlich pro Stunde benötigte Mehrzeit wird zum Zeitbedarf bei freier Strecke hinzuaddiert. Für den Vergleichsfall ergibt sich damit eine von den Schließzeiten und dem Verkehrsaufkommen abhängige reduzierte durchschnittliche Geschwindigkeit. Die reduzierten Geschwindigkeiten und unterschiedlichen Verkehrszustände bestimmen auch die Veränderung der Abgasbelastungen (NU_2).

Ermittlung der relevanten Streckenlänge (gemittelte gewichtete Bedarfslänge pro Richtung)

Die relevante Streckenlänge $L_{BÜ}$ (km) entspricht der gemittelten Länge des Staus, der sich abhängig von der Schließzeit und der Verkehrsstärke während der Sperrzeit des Bahnübergangs auf den betroffenen Strecken bildet. Diese werden als die von der Bahnübergangsbeseitigung bzw. der projektbedingten Verkehrsänderung betroffenen Netzelemente betrachtet und werden im Netzmodell auf beiden Seiten des Bahnübergangs markiert. Sie sind relevant für die Ermittlung der verkehrsablaufsabhängigen Nutzenkomponenten (NB, NE, NU2) und der Verkehrssicherheit (NS).

Die Berechnung der relevanten Streckenlänge erfolgt auf Basis folgender Kenngrößen und Annahmen:

Für die Berechnungen werden vereinfachend zwei Zeitintervalle mit höheren und mit niedrigeren Verkehrsstärken q_z [Kfz/h] betrachtet. Die Ermittlung der stündlichen Verkehrsstärken für die betrachteten Zeitintervalle erfolgt mit Hilfe der bekannten k-Faktoren aus der Tabelle 5-4. Auf dieser Grundlage werden die benötigten mittleren k-Faktoren für die zwei Zeitintervalle mit hoher (k_1) und mit niedriger (k_5) Verkehrsstärke abgeleitet:

- 1-5/8-12/14-18 (2.640 h/a) $k_1 = 0{,}0733$
- 6-7/13/19 (6.120 h/a) $k_5 = 0{,}0280$

Das Verhältnis der Stundenzahl der Zeitintervalle zu Gesamtstundenzahl im Jahr beträgt:

- X_1 = (2.640 h/a) / (8.760 h/a): 0,30
- X_5 = (6.120 h/a) / (8.760 h/a): 0,70
- Mittlere tägliche Verkehrsbelastung des betroffenen Streckenabschnitts: DTV_m
- Sperrzeit pro Vorgang t_s
- Anteil Sperrzeiten t_s pro Stunde: $a_1 = 60\ \text{min} / t_s$
- Mittlere Fahrzeuglänge einschl. der Abstand zwischen zwei Fahrzeugen: 7,0 m
- Mittlere Fahrzeuganzahl während der Sperrzeiten in den Stunden mit hoher (b1) und mit geringer (b2) Verkehrsstärken:

$$b_1 = (DTV_m \cdot k_1) / (2 \cdot a_1)$$

$$b_5 = (DTV_m \cdot k_5) / (2 \cdot a_1)$$

- Mittlere Staulängen während der Sperrzeiten in den Stunden mit hoher (L1) und mit geringer (L2) Verkehrsstärke:

$$L_1 = 7{,}0\ \text{m} \cdot b_1$$

$$L_5 = 7{,}0\ \text{m} \cdot b_5$$

Relevante Länge $L_{BÜ}$ pro Richtung ergibt sich:

$$L_{BÜ} = X_1 \cdot L_1 + X_5 \cdot L_5$$

Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten

Im Rahmen einer Bahnübergangsbeseitigung wird die Fahrbahntrasse im Bereich des kreuzenden Schienenstrangs erneuert. Eine notwendige Erneuerungsmaßnahme des Straßenkörpers wird damit zeitlich vorgezogen und in Zukunft entbehrlich. Zur Berücksichtigung der Veränderung der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten (NW_1) dienen durchschnittliche Kostenwerte für die zu bewertenden Bahnübergänge (BÜ), die von der DB AG wie folgt benannt worden sind:

Erneuerungskosten:

- Lokführer gesicherte Anlagen (Lo-Anlage) 300.000,00 €
- Fernüberwachte Anlage (Fü-Anlagen) 450.000,00 €
- Halbschranken 600,000,00 €

Eine einheitliche Zuordnung zu den ursprünglich angeforderten Unterscheidungen

1. BÜ ohne technische Sicherung,
2. BÜ mit Blinklicht / Lichtzeichen,
3. BÜ mit Halbschranke und
4. BÜ mit Vollschranke

ist nicht eindeutig möglich, da z. B. ein BÜ mit Blinklicht / Lichtzeichen sowohl eine Lo-Anlage, aber auch eine Fü-Anlage sein kann. Vereinfachend wurde von DB deshalb empfohlen, dass für die BÜ ohne technische Sicherung (Nummer 1) kein Kostensatz, für die BÜ mit Blinklicht / Lichtzeichen (Nummer 2) in etwa 300.000,00 €, für die BÜ mit Halbschranke (Nummer 3) in etwa 600.000,00 € und für die BÜ mit Vollschranke (Nummer 4) in etwa 450.000,00 € angesetzt werden können. Die Nutzungsdauer der Anlagen wurde mit 20 Jahren beziffert.

Für laufende Betriebs- und Unterhaltungskosten wurden für alle BÜ-Typen ein Kostensatz von 5.000,00 € angesetzt.

Veränderung der Verkehrssicherheit

Die Ermittlung spezifischer Unfallkennwerte ist auf der Basis der Daten der Deutschen Bahn AG mit der Beteiligung von Zügen und deren Folgen an Bahnübergängen nicht möglich. Die Bewertung erfolgt deshalb - wie in Kapitel 6, Abschnitt 6.2.4 beschrieben - über Veränderung des Straßentyps von relevanten Strecken $L_{Bü}$.

Umweltwirkungen

Durch die Bahnübergangsbeseitigung wird der Verkehrsfluss auf der Straße verstetigt, d.h. durch den Wegfall der Brems- und Anfahrvorgänge tritt, neben Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasmengen, auch eine spürbare Verminderung der Lärmbelastung (NU_1) auf.

Die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasbelastungen erfolgt über die Verbesserung des Straßentyps und erfordert keine speziellen Verfahrensvorschriften. Zur Bewertung der Lärmminderung durch Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen kann die

Analogie zur Lichtsignalsteuerung herangezogen. Für den Unterschied in der Lärmbelastung zwischen einer lichtsignalgesteuerten Kreuzung und einer solchen ohne Lichtsignalsteuerung wird in /RLS 1990/ ein Wert von +3dB(A) genannt. Dieser Unterschied ergibt sich aus dem bei der Signalsteuerung behinderten Verkehrsfluss (erzwungene Halte) auf der bevorrechtigten Straße, während sich für die Querrichtung eher weniger Anhalte-Vorgänge ergeben. Mit einem ähnlich pauschalen Ansatz kann die veränderte Lärmemission durch die Züge berücksichtigt werden. Nach Bewertung diverser Beispiele im Rahmen des Pre-Tests wurde allerdings entschieden, auf die Berücksichtigung der entstehenden Lärmentlastung durch die Beseitigung der schienengleichen Bahnübergänge zu verzichten, um mögliche Unsicherheiten aus den Berechnungen auszuschließen.

Für die Trennwirkung (NU_3) ist die Wartezeit und die Anzahl der Betroffenen, hier Fußgänger und Radfahrer, maßgeblich. Als grundlegende Annahme wird davon ausgegangen, dass die Fußgänger und Radfahrer den Bahnübergang in der Zeiteinheit gleich verteilt erreichen und queren wollen. In Abhängigkeit von der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke an nichtmotorisiertem Verkehr und dem Grünzeitanteil für Spitzen- und Reststunde wird die durchschnittliche Wartezeit pro Tag berechnet. Aus diesen Werten wird die jährliche Wartezeit bestimmt. Diese wird um die über ein Jahr kumulierten Verlustzeiten, die aufgrund des zusätzlichen Zeitaufwandes (je Fußgänger 18 s und je Radfahrer 6 s) zur Bewältigung der Steigung bei Über-/Unterführungen entstehen, reduziert.

Entlastungen vorhandener BÜ

Auch Entlastungswirkungen auf schienengleiche Bahnübergänge, die durch den Bau anderer Projekte wie z. B. Ortsumgehungen auftreten können, werden ebenfalls auf der Basis des oben genannten Verfahrens jeweils für Planfall und Vergleichsfall bestimmt. Die Nutzenbeiträge bilden sich jeweils aus den Differenzen der verkehrlichen Kosten zwischen Plan- und Vergleichsfall.

7.2 Erneuerungsmaßnahmen an Brückenbauwerken und Berücksichtigung von Höhenbeschränkungen

Die fehlende Tragfähigkeit der Bauwerke (aktueller bzw. prognostizierter Zustand des Bauwerks) bzw. die Höhenbeschränkungen im Verlaufe der Straßen z.B. durch Brückenbauwerke oder durch Tore in historischen Stadtkernbereichen werden mittels einer separaten Umlegung des Schwerverkehrs berücksichtigt. Die dafür angesetzten Schwerverkehrsanteile, die aufgrund der genannten Einschränkungen einen weiteren Umweg hinnehmen müssen, sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 7-1: Anteil des betroffenen Schwerverkehrs bei fehlender Tragfähigkeit von Brückenbauwerken sowie bei Höhenbeschränkungen im Straßenverlauf

Gewichts-beschränkung	Betroffener SV-Anteil	Höhen-beschränkung	Betroffener SV-Anteil
3,5 t	100%	3,7 m	6%
7,5 t	80%	3,6 m	8%
10 t	70%	3,5 m	15%
16 t	50%	3,4 m	20%
24 t	30%	3,3 m	25%
30 t	20%	3,2 m	30%
-	-	3,1 m	40%
-	-	3,0 m	45%
-	-	2,9 m	50%

Den Investitionskosten der Erneuerungsmaßnahmen werden die Kosten aus dem Bewertungsverfahren gegenübergestellt (=Nutzen), die dadurch eingespart werden, dass eine Umfahrung der Brücke bzw. Stadttore vermieden wird.

Literatur

/ZVS 2006/ *Berücksichtigung der Verkehrssicherheit in der Bayerischen Straßenbauverwaltung*, Volker Spahn, Referat VSVI-Seminar 25.01.2006

/ZVS 2009/ *Ist der Kreisverkehr sicherer als die Lichtsignalanlage?*, Volker Spahn, Straßenverkehrstechnik 5, 2009

/AVISO 2009/ *Aktualisierung des landesweiten Emissionskatasters Kfz-Verkehr für das Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen auf das Bezugsjahr 2007,* AVISO GmbH im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Aachen 2009

/AVISO 2010/ *Aktualisierung des Bewertungsverfahrens für die Staatstraßen in Bayern im Rahmen der Fortschreibung des 6. Ausbauplans für die Staatsstraßen,* AVISO GmbH im Auftrag der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, Aachen 2010

/BAST 2007/ *Straßenverkehrszählung 2005, Ergebnisse*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 164, 2007

/BMJ 2007/ *Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. Juni 2007* (BGBl. I S. 1006), Bundesministerium für Justiz, 2007

/BMV 1993/ *Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen, Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992*, Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.), Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 72, Essen/Bonn 1993

/BMV 1994/ Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufs auf Straßen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehr, Bonn-Bad Godesberg 1994

/BMV 1995/ *Grundlagen zur Berücksichtigung des Aufenthalts nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen*, Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.), Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft716, Bonn-Bad Godesberg, 1995

/BMVBS 2003/ *Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik Bundesverkehrswegeplan 2003 (BVWP 2003)*, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin 2003

/BMVBS 2004/ *Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke und Verkehrsablauf auf neuen Querschnitten nach RAS-Q 96. Untersuchung des Verkehrsablaufs auf dem Straßentyp RQ 15,5*, Brannolte et al., Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 899, 2004

/BMVBS 2006/ *Konzeptphase für eine verkehrswirtschaftliche Untersuchung zur Fortschreibung des gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahrens (Kosten-Nutzen-Analyse) für Straßeninfrastrukturinvestitionen* (Pflichtenheft RAS-W neu/EWS), Brannolte et al im Auftrag des BMVBS, Weimar, 2006

/BMVBS 2007/ *Verkehr in Zahlen*, Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Hamburg, 2007

/BMVBS 2008/ *Kosten-Nutzen-Analyse: Bewertung der Effizienz von Radverkehrsmaßnahmen*, TCI Röhling und PTV AG, beauftragt vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2008

/BMWI 2008/ *Fördergebiete der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ 2007 bis 2013*, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Wirtschaftspolitik/Regionalpolitik/gemeinschaftsaufgabe

/BÖHM; SPAHN 2008/ *Die Definition von „Unfallhäufungen“ als Basis für sicherheitsverbessernde Maßnahmen im Straßennetz*, Ludwig Böhm, Volker Spahn, Straßenverkehrstechnik 11, 2008

/ELSNER 2009/ *Der Elsner, Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen*, Berlin 2009

/EU 2008/ *Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa*, Amtsblatt der Europäischen Union L 152/1, 11.06.2008

/FGSV 1997a/ *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen an Straßen EWS*, FGSV 1997

/FGSV 2002/ Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten RiStWag, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit, Ausgabe 2002

/FGSV 2005/ *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)*, Ausgabe 2001, Fassung 2005, FGSV, Bonn, 2005

/FGSV 2007/ *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RASt 06*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln, 2007

/FGSV 2008/ *Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN)*, FGSV Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, Köln, 2008

/HB 2000/ *Bewertungsverfahren 6. Ausbauplan Staatsstraßen*, Heusch/Boesefeldt GmbH, Aachen 2000

/IER 2006/ *Derivation of fall-back values for impact and cost factors for airborne pollutants*, Annex D to HEATCO Deliverable 5, IER, Stuttgart 2006

/IFEU 2004/ *Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs*, Version 2.1, Basisdaten Deutschland, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg 2004

/ITP 2010/ Verkehrsprognose 2025 als Grundlage für den Gesamtverkehrsplan Bayern, Intraplan Consult GmbH, München 2010

/KBA 2008/ *Fahrzeugzulassungen, Bestand Größenklassen 1. Januar 2008*, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, September 2008

/LEP BAYERN 2006/ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie; Landesentwicklungsprogramm Bayern 2006, München 2006

/LFSTAD 2010/ *Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2028*, Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München 2010

/MARX; PICHLER 1995/ *Überprüfung des Schwerverkehrsäquivalentansatzes gemäß ALS*, E. Marx, C. Pichler, Mitteilungen des Instituts für Verkehrswesen, Universität für Bodenkultur Wien, Wien 1995

/MUVEDA 2009/ *Überprüfung der Modelle des Bewertungsverfahrens für die Staatsstraßen mittels Erfolgskontrolle durch realisierte Projekte*, 2009

/MUVEDA; AVISO 2010/ Ausbauplan für die Staatsstraßen in Bayern, Durchführung von Projektbewertungen zur Fortschreibung des 6. Ausbauplans und Aufstellung des 7. Ausbauplans, Pre-Test-Phase, Aachen 2011

/OBB 2005/ *Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen und Lichtzeichenanlagen in Bayern*, Verkehrs- und Unfallgeschehen auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Bayern, Jahresbericht 2005, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, München 2005

/OBB 2009a/ *Programm für den nachträglichen Anbau von Radwegen an Staatsstraßen*, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren München, 2009

/OBB 2009b/ Internetinformationen zu Zahlen und Fakten zum Straßenbau (Stand 2009), Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, http://www.stmi.bayern.de/bauen/strassenbau/fakten/

/OBB 2010a/ 7. Ausbauplan für die Staatsstraßen in Bayern, Raumwirksamkeitsanalyse (RWA) – Methodik, 2010

/OBB 2011b/ 7. Ausbauplan für die Staatsstraßen in Bayern, Umweltrisikoeinschätzung (URE) – Methodik, 2011

/PLOSS 1993/ Ein dynamisches Verfahren zur Schätzung von Verkehrsbeziehungen aus Querschnittszählungen "ODYN", Dissertation FG Verkehrsplanung und Verkehrswesen TU München, München 1993

/RLS 1990/ Richtlinie für Lärmschutz an Straßen RLS-90, Bundesminister für Verkehr, Ausgabe 1990

/SBA 2010/ Baupreisindex Bauleistungen am Bauwerk, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2008

/STMWIVT 2006/ *Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP) 2006*, Bayerische Staatsregierung, Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, München 2006

/STMI 2009/ Pressemitteilung des Bayerischen Staatsministerium des Innern vom 20.05.2009 (Nr. 205/09, http://www.innenministerium.bayern.de/presse/archiv/2009/205.php)

/TCS 2000/ *Schadstoffemissionen bei verschiedenen Geschwindigkeiten, Verkehrskreisel: Treibstoffverbrauch, Schadstoffemissionen, Durchfahrtszeiten*, Forschungsauftrag 63/92 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), Schweiz, Zürich, Dezember 2000

/UBA 2007/ *Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen*, Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2007

/VMV 2009/ *Lastauto Omnibus-Katalog 2009*, Vereinigte Motor-Verlage GmbH, Stuttgart 2008

Anhang

Tabellenverzeichnis

Einwohnerstatistik, Gästeübernachtung und bs2-Faktor.....A2

Verzeichnis der Planunterlagen

Folgende Tabellen und Abbildungen dienen der Bestimmung der regionalen Differenzierungsfaktoren zur Ermittlung der Nutzenkomponenten NF_W „Veränderung des Erholungs- und Freizeitwertes“ und der NRk „ Raumordnungsaspekte auf regionaler und kommunaler Ebene“.

Tourismusgebiete /LEP BAYERN 2006/ A4

Bevölkerungsentwicklung in Bayern 2028 gegenüber 2008 /LFSTAD 2010/.....A5

Strukturkarte /LEP BAYERN 2006/ A6

GRW-Fördergebiete 2007 – 2013 /BMWI 2008/ A7

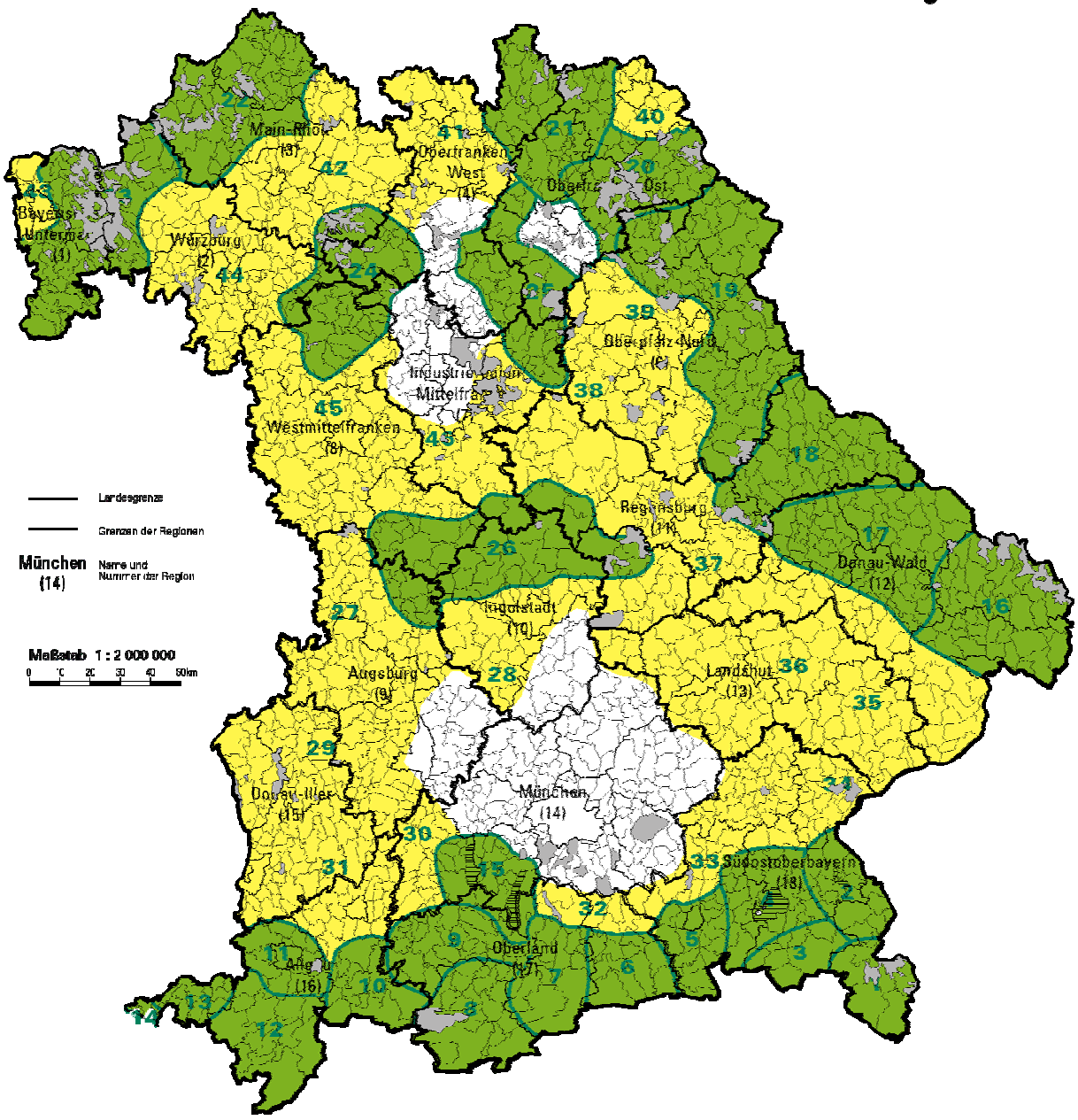
Land, Regierungsbezirk, Kreisfreie Städte und Landkreise		Gästeüber-nachtungen 2008	Einwohner-zahl 2008	Faktor bs2
09	**Bayern**	**77.237.410**	**12.519.728**	**0,01690**
091	**Oberbayern**	**30.726.187**	**4.335.137**	**0,01942**
09161	Ingolstadt (Krfr.St)	418.065	123.925	0,00924
09162	München (Krfr.St)	9.844.671	1.326.807	0,02033
09163	Rosenheim (Krfr.St)	134.964	60.711	0,00609
09171	Altötting (Lkr)	236.004	108.182	0,00598
09172	Berchtesgadener Land (Lkr)	2.661.154	102.162	0,07137
09173	Bad Tölz-Wolfratshausen (Lkr)	1.093.755	120.869	0,02479
09174	Dachau (Lkr)	222.509	136.801	0,00446
09175	Ebersberg (Lkr)	325.868	127.085	0,00703
09176	Eichstätt (Lkr)	810.307	124.811	0,01779
09177	Erding (Lkr)	667.599	125.544	0,01457
09178	Freising (Lkr)	657.323	165.582	0,01088
09179	Fürstenfeldbruck (Lkr)	238.118	201.845	0,00323
09180	Garmisch-Partenkirchen (Lkr)	2.984.198	86.478	0,09454
09181	Landsberg am Lech (Lkr)	271.789	113.739	0,00655
09182	Miesbach (Lkr)	1.984.133	95.241	0,05708
09183	Mühldorf a.Inn (Lkr)	157.721	110.248	0,00392
09184	München (Lkr)	1.692.881	317.543	0,01461
09185	Neuburg-Schrobenhausen (Lkr)	126.334	91.190	0,00380
09186	Pfaffenhofen a.d.Ilm (Lkr)	181.218	116.725	0,00425
09187	Rosenheim (Lkr)	2.102.146	248.268	0,02320
09188	Starnberg (Lkr)	663.958	129.861	0,01401
09189	Traunstein (Lkr)	2.739.602	170.594	0,04400
09190	Weilheim-Schongau (Lkr)	511.870	130.926	0,01071
092	**Niederbayern**	**11.745.790**	**1.191.910**	**0,02700**
09261	Landshut (Krfr.St)	192.187	62.606	0,00841
09262	Passau (Krfr.St)	422.973	50.717	0,02285
09263	Straubing (Krfr.St)	128.580	44.496	0,00792
09271	Deggendorf (Lkr)	355.987	117.273	0,00832
09272	Freyung-Grafenau (Lkr)	1.518.282	80.044	0,05197
09273	Kelheim (Lkr)	771.000	113.120	0,01867
09274	Landshut (Lkr)	152.353	148.513	0,00281
09275	Passau (Lkr)	4.502.329	187.965	0,06562
09276	Regen (Lkr)	2.155.687	79.736	0,07407
09277	Rottal-Inn (Lkr)	816.603	118.622	0,01886
09278	Straubing-Bogen (Lkr)	598.422	97.702	0,01678
09279	Dingolfing-Landau (Lkr)	131.387	91.116	0,00395
093	**Oberpfalz**	**4.564.665**	**1.083.780**	**0,01154**
09361	Amberg (Krfr.St)	71.461	44.059	0,00444
09362	Regensburg (Krfr.St)	741.677	133.525	0,01522
09363	Weiden i.d.OPf. (Krfr.St)	77.925	42.219	0,00506
09371	Amberg-Sulzbach (Lkr)	274.227	106.224	0,00707
09372	Cham (Lkr)	1.838.925	129.092	0,03903
09373	Neumarkt i.d.OPf. (Lkr)	363.223	128.130	0,00777
09374	Neustadt a.d.Waldnaab (Lkr)	248.757	98.426	0,00692
09375	Regensburg (Lkr)	302.700	182.812	0,00454
09376	Schwandorf (Lkr)	321.898	143.340	0,00615
09377	Tirschenreuth (Lkr)	323.872	75.953	0,01168

Land, Regierungsbezirk, Kreisfreie Städte und Landkreise		Gästeüber-nachtungen 2008	Einwohner-zahl 2008	Faktor bs2
094	**Oberfranken**	**4.368.572**	**1.082.516**	**0,01106**
09461	Bamberg (Krfr.St)	395.944	69.989	0,01550
09462	Bayreuth (Krfr.St)	292.284	72.935	0,01098
09463	Coburg (Krfr.St)	122.619	41.316	0,00813
09464	Hof (Krfr.St)	107.817	47.275	0,00625
09471	Bamberg (Lkr)	343.941	144.524	0,00652
09472	Bayreuth (Lkr)	679.486	106.952	0,01741
09473	Coburg (Lkr)	204.278	89.503	0,00625
09474	Forchheim (Lkr)	361.537	113.289	0,00874
09475	Hof (Lkr)	509.257	102.475	0,01362
09476	Kronach (Lkr)	224.244	71.609	0,00858
09477	Kulmbach (Lkr)	220.678	75.593	0,00800
09478	Lichtenfels (Lkr)	593.028	68.617	0,02368
09479	Wunsiedel i.Fichtelgebirge (Lkr)	313.459	78.439	0,01095
095	**Mittelfranken**	**6.630.062**	**1.712.405**	**0,01061**
09561	Ansbach (Krfr.St)	147.510	40.454	0,00999
09562	Erlangen (Krfr.St)	482.129	104.980	0,01258
09563	Fürth (Krfr.St)	228.990	114.071	0,00550
09564	Nürnberg (Krfr.St)	2.277.579	503.638	0,01239
09565	Schwabach (Krfr.St)	25.067	38.771	0,00177
09571	Ansbach (Lkr)	931.467	181.417	0,01407
09572	Erlangen-Höchstadt (Lkr)	404.133	131.097	0,00845
09573	Fürth (Lkr)	117.182	114.496	0,00280
09574	Nürnberger Land (Lkr)	412.983	167.152	0,00677
09575	Neustadt a.d.Aisch-Bad Windsheim (Lkr	580.868	98.509	0,01616
09576	Roth (Lkr)	324.122	124.811	0,00711
09577	Weißenburg-Gunzenhausen (Lkr)	698.032	93.009	0,02056
096	**Unterfranken**	**6.187.597**	**1.327.497**	**0,01277**
09661	Aschaffenburg (Krfr.St)	127.394	68.747	0,00508
09662	Schweinfurt (Krfr.St)	174.808	53.588	0,00894
09663	Würzburg (Krfr.St)	695.294	133.501	0,01427
09671	Aschaffenburg (Lkr)	390.540	173.707	0,00616
09672	Bad Kissingen (Lkr)	2.102.765	105.770	0,05447
09673	Rhön-Grabfeld (Lkr)	787.219	83.895	0,02571
09674	Haßberge (Lkr)	170.527	85.914	0,00544
09675	Kitzingen (Lkr)	518.106	88.976	0,01595
09676	Miltenberg (Lkr)	277.672	129.648	0,00587
09677	Main-Spessart (Lkr)	475.768	129.439	0,01007
09678	Schweinfurt (Lkr)	114.585	114.039	0,00275
09679	Würzburg (Lkr)	352.919	160.273	0,00603
097	**Schwaben**	**13.014.537**	**1.786.483**	**0,01996**
09761	Augsburg (Krfr.St)	523.862	263.313	0,00545
09762	Kaufbeuren (Krfr.St)	60.843	41.966	0,00397
09763	Kempten (Allgäu) (Krfr.St)	131.910	62.135	0,00582
09764	Memmingen (Krfr.St)	98.191	41.050	0,00655
09771	Aichach-Friedberg (Lkr)	162.845	127.717	0,00349
09772	Augsburg (Lkr)	395.183	240.294	0,00451
09773	Dillingen a.d.Donau (Lkr)	203.626	94.328	0,00591
09774	Günzburg (Lkr)	373.816	121.165	0,00845
09775	Neu-Ulm (Lkr)	327.483	164.771	0,00545
09776	Lindau (Bodensee) (Lkr)	1.639.531	80.027	0,05613
09777	Ostallgäu (Lkr)	2.341.750	134.112	0,04784
09778	Unterallgäu (Lkr)	926.124	135.569	0,01872
09779	Donau-Ries (Lkr)	350.846	129.550	0,00742
09780	Oberallgäu (Lkr)	5.478.527	150.486	0,09974

Alle Angaben von Betrieben mit neun oder mehr Betten sowie Campingplätzen Stand 05.11.2009

Landesentwicklungsprogramm Bayern
Begründung zu B II 1.3

Tourismusgebiete



Gebiete mit erheblichem Urlaubstourismus

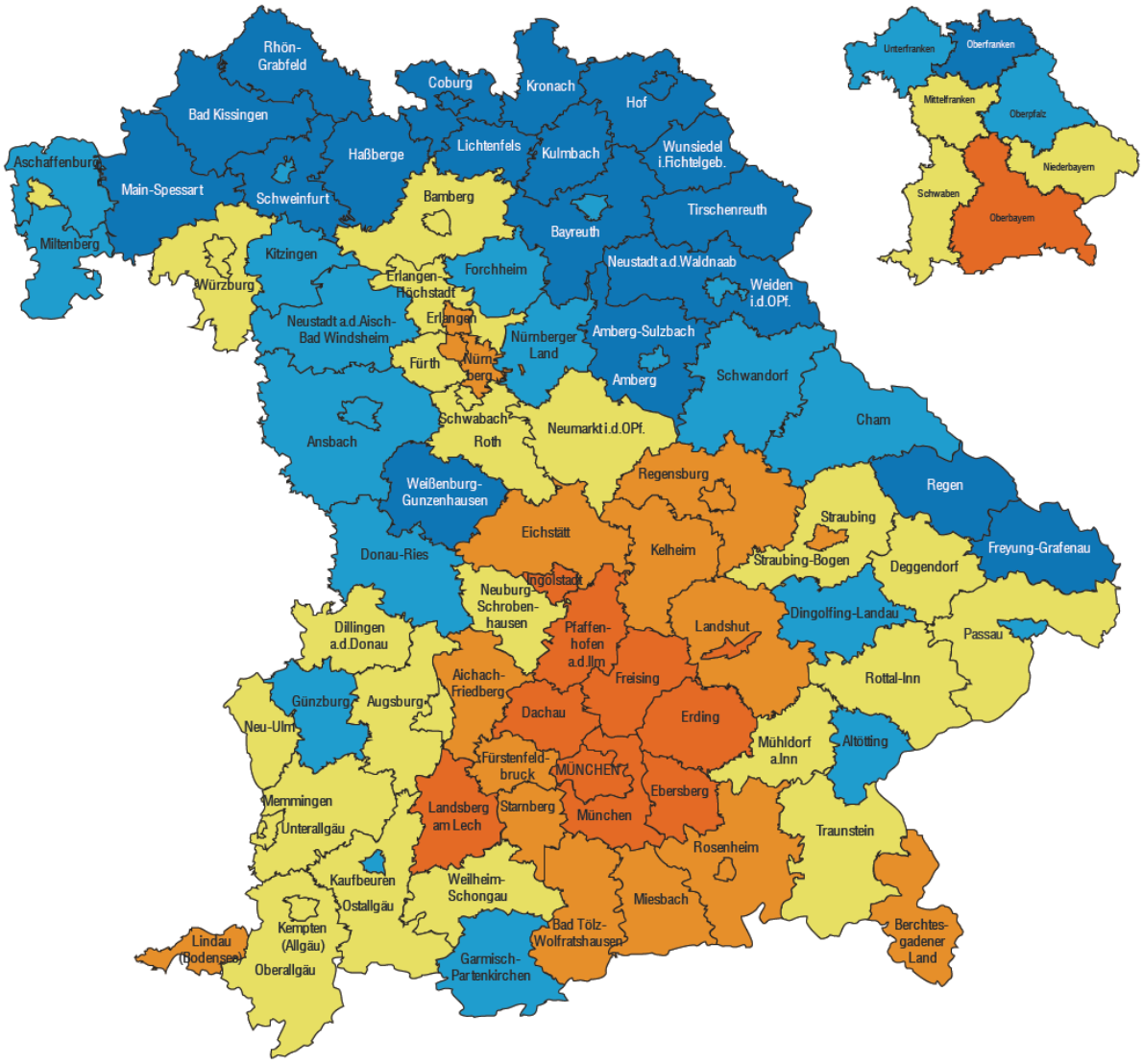
Gebiete mit in Ansatzpunkten vorhandenem und entwicklungsfähigem Urlaubstourismus

1 Berchtesgadener und Reichenhaller Land
2 Waginger See und Rupertiwinkel
3 Chiemgauer Alpen
4 Chiemsee mit Umgebung
5 Rosenheim/Oberinntal
6 Tegernsee, Schliersee und Umgebung
7 Tölzer Land (mit Kochel- und Walchensee)
8 Wandernfelser Land
9 Pfaffenwinkel
10 Ostallgäu
11 Allgäuer Alpenvorland
12 Oberallgäu
13 Westallgäu
14 Bodensee-Gebiet
15 Fünfseen-Gebiet
16 Südlicher Bayerischer Wald
17 Mittlerer Bayerischer Wald
18 Oberer Bayerischer Wald
19 Oberpfälzer Wald und Steinwald
20 Fichtelgebirge
21 Frankenwald
22 Rhön
23 Spessart/Bayerischer Odenwald
24 Steigerwald
25 Fränkische Schweiz
26 Altmühltal
27 Nordschwaben (Riss, Donauried, Kesseltal)
28 Neuburg und Schrobenhausen mit Umgebung
29 Naturpark Augsburg-Westliche Wälder und Umgebung
30 Oberes Lechtal
31 Unterallgäu mit nördlichem Ostallgäu
32 Alpenvorland um Wolfratshausen und Holzkirchen
33 Wasserburg a.Inn mit Umgebung
34 Inn-Salzach-Gebiet
35 Rottal
36 Laaber-, Vilstal
37 Niederbayerisches Hügelland südlich der Donau mit Abens- und Naabtal
38 Bayerischer Jura
39 Oberpfälzer Hügelland
40 Bayerisches Vogtland
41 Oberes Maintal und Coburger Land
42 Haßberge
43 Aschaffenburg und Umgebung
44 Fränkisches Weinland
45 Romantisches Franken
46 Fränkisches Seenland

Kartographie: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Stand 12. Juli 2006 (keine Änderung gegenüber LEP 2003)

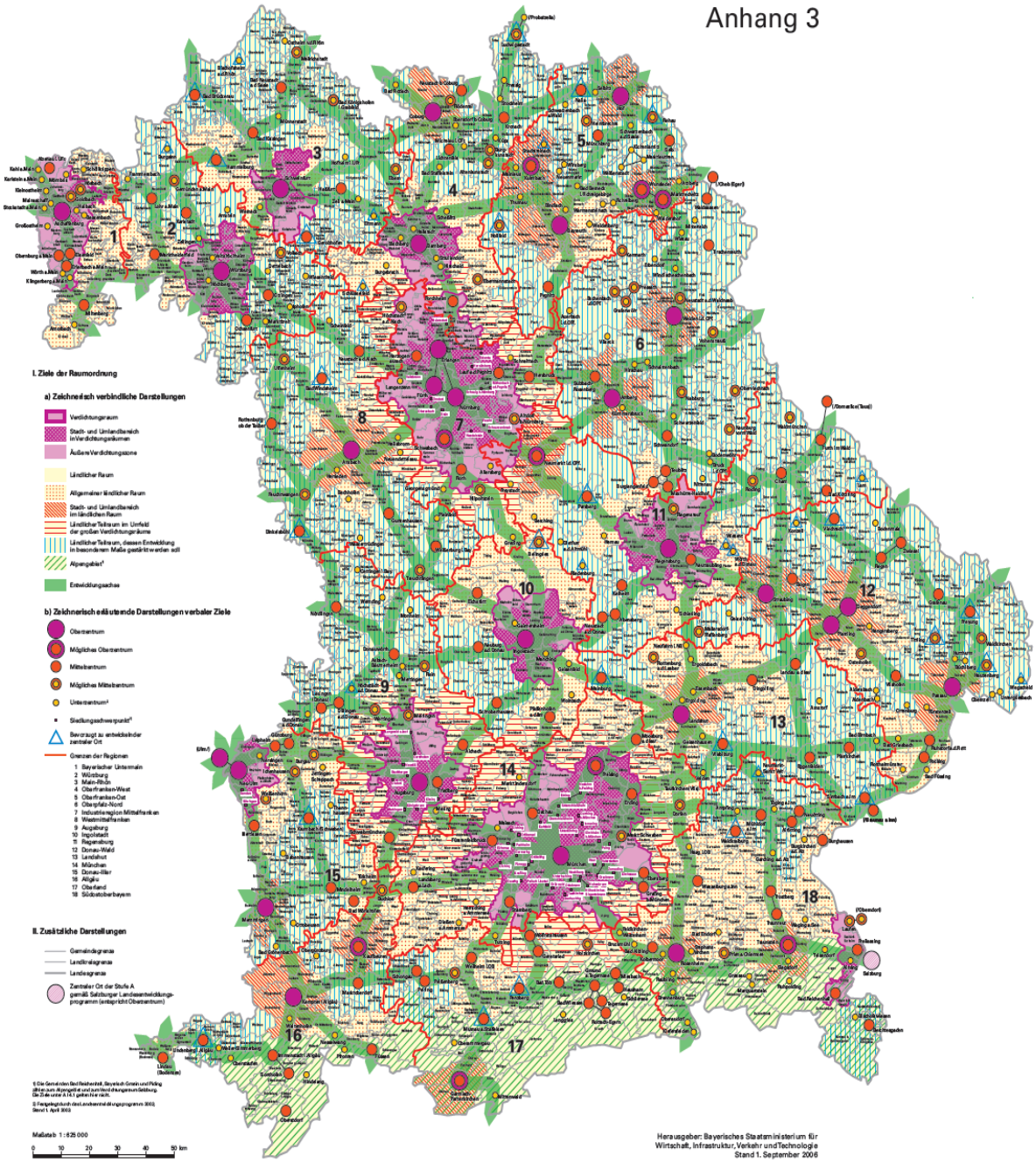
Bayernkarte: Bevölkerungsentwicklung in Bayern auf einen Blick
Veränderung 2028 gegenüber 2008 in Prozent



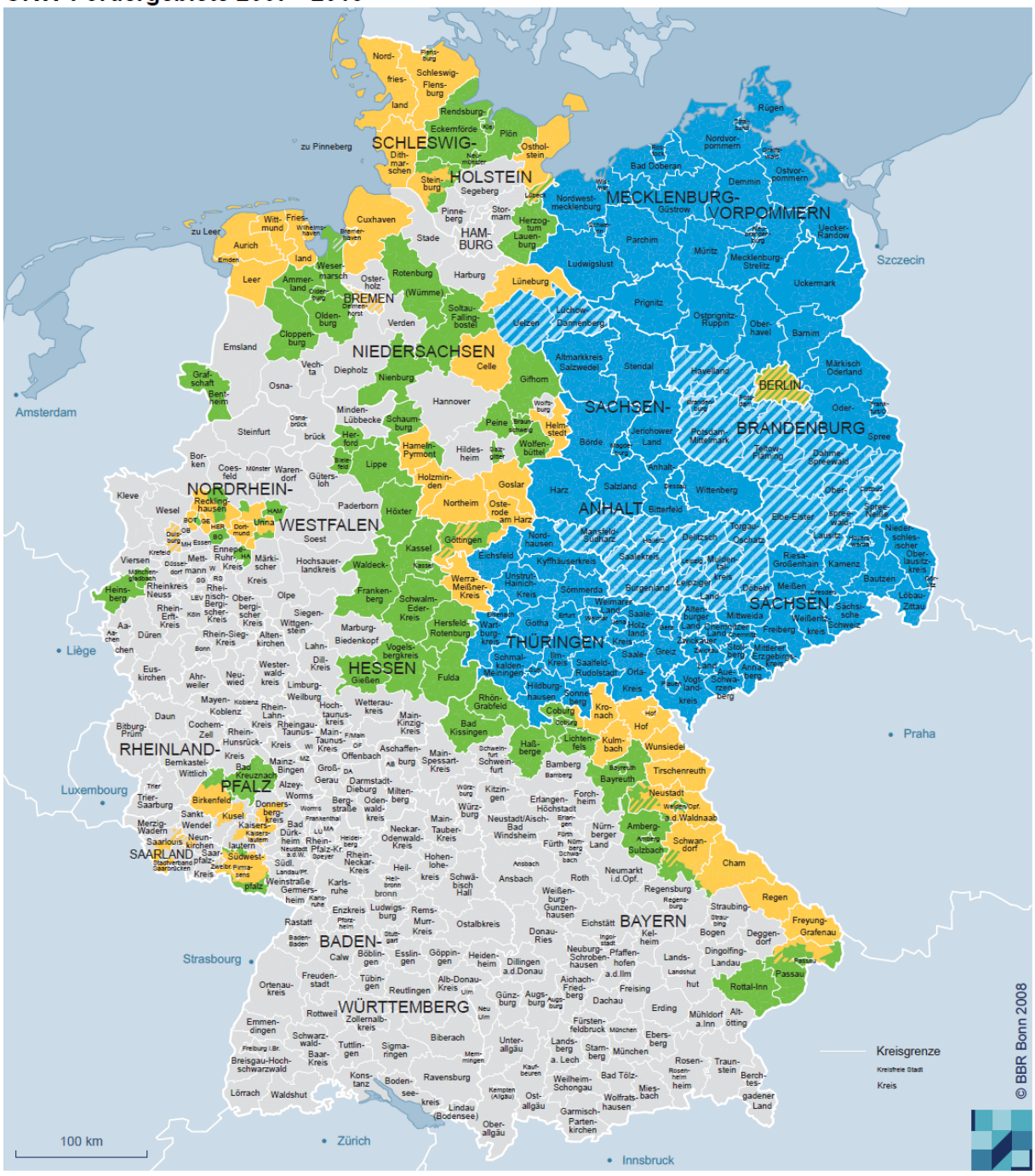
Veränderung 2028 gegenüber 2008 in Prozent		Häufigkeit
bis unter -7,5	*„stark abnehmend"*	20
-7,5 bis unter -2,5	*„abnehmend"*	21
-2,5 bis unter 2,5	*„stabil"*	27
2,5 bis unter 7,5	*„zunehmend"*	18
7,5 oder mehr	*„stark zunehmend"*	10

Strukturkarte

Anhang 3



GRW-Fördergebiete 2007 - 2013



Fördergebiete der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur" 2007 - 2013
in gemeindescharfer Abgrenzung

Gemeinden, Stand 31.12.2007

- A - Fördergebiet
- A - Fördergebiet ("statistische Effekt-Region")
- C - Fördergebiet
- C - Fördergebiet (davon Städte/Gemeinden teilweise)
- D - Fördergebiet
- D - Fördergebiet (davon Städte/Gemeinden teilweise)
- Teilweise C -, teilweise D - Fördergebiet
- Nicht-Fördergebiet