



**Konzept für ein nachgeordnetes
Straßennetz außerhalb geschlossener
Ortschaften
Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen
Bewertung**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen
der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Jörg Hauptmann

aus Düsseldorf

Genehmigte Fassung

Weimar, Juni 2007

Gutachter: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte
 2. Univ.-Prof. Dr. techn. Jörg Schönharting
 3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kühn

Tag der Disputation: 18. Juni 2007

KURZFASSUNG

Aufgrund des demographischen Wandels und der damit einhergehenden Abnahme der Bevölkerungszahlen in den ländlichen/peripheren Regionen der Bundesrepublik Deutschland sieht sich die öffentliche Hand mit rückläufigen Haushalten konfrontiert. Unterauslastungen von Einrichtungen der öffentlichen Daseinsvorsorge werden zukünftig nicht mehr finanzierbar sein. Raumordnungspolitisch postulierte Handlungsansätze einer notwendigen Anpassung der Infrastruktur an diese neue Situation liegen in der Neuordnung der Zentrale-Orte-Konzeption. In Folge daraus wird es zu einer Revision des Systems der Zentralen Orte kommen [**BMVBW BBR 2005**].

In Ableitung daraus müssen die vorhandenen Erreichbarkeitskriterien innerhalb der betroffenen (nachgeordneten) Straßennetzteile überprüft werden. Dem schließt sich die Frage nach differenzierten Ausbauqualitäten von Straßen an. Dieser Fragestellung widmet sich, unter Zuhilfenahme der wirtschaftlichen Bewertungsmethodik der Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen, die vorliegende Arbeit.

Im Gegensatz zu vorhandenen verkehrswirtschaftlichen Untersuchungen unterscheidet sich die vorliegende Arbeit durch die Implementierung zusammenhängender Netzstrukturen in bekannte Modellansätze. Über die ermittelten Bewertungsparameter konnten somit großräumige Effekte einer kleinräumig angelegten Reduzierung der Ausbauqualität von Straßen Berücksichtigung finden.

Exemplarisch wurden anhand eines strukturdatenbasierten Nachfrage- und Umlenkmmodells für ein nach speziellen Kriterien ausgesuchtes Untersuchungsgebiet die Eingangsgrößen für das angewendete wirtschaftliche Bewertungsverfahren bestimmt. Das Ausmaß der Empfindlichkeit gegenüber den monetären und teilweise inhaltlichen Ansätzen wurde durch eine Sensitivitätsanalyse belegt.

Im Ergebnis der vorliegenden Arbeit konnte für die nachgeordneten Straßennetze des Untersuchungsgebietes der Nachweis einer kostenoptimalen Ausbaugeschwindigkeit erbracht werden, d.h. in Bezug auf eine verkehrswirtschaftliche Betrachtung ist dort die Reduzierung der vorhandene Ausbauqualität sinnvoll.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Aufgabenstellung	8
1.3	Begriffliche Festlegung zur Ausbaugeschwindigkeit	11
2	Straßennetze	12
2.1	Aktuelle Entwicklung von Netzklassifizierungen	12
2.2	Ansatz zur Abgrenzung der Straßennetzeile	16
2.2.1	Umfang der Straßennetzeile	16
2.2.2	Eingrenzung des nachgeordneten Straßennetzes	18
2.3	Straßenoberbau	19
2.4	Zukünftiger Regelquerschnitt für das nachgeordnete Straßennetz	19
3	Wirtschaftliches Bewertungsverfahren	21
3.1	Wahl des Bewertungsverfahrens	21
3.2	Herleitung der zu untersuchenden verkehrlichen Variablen	22
3.2.1	Begriffsbestimmungen	22
3.2.2	Jährliche Baukosten	22
3.2.3	Nutzerkosten	23
3.3	Methodischer Ansatz zur Quantifizierung der verkehrlichen Variablen	26

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
4	Auswahl des Untersuchungsgebietes	28
4.1	Grundlegende Betrachtung	28
4.2	Bestimmung eines Auswahlkriteriums	29
4.2.1	Vorüberlegungen	29
4.2.2	Erweiterter Kurvigkeitsansatz	30
4.3	Größe des Untersuchungsgebietes	37
5	Auswahl des Untersuchungsgebietes	38
6	Modellierung des ausgewählten Untersuchungsgebietes	41
6.1	Begriffsbestimmungen	41
6.2	Vorgehensweise	41
6.3	Anteil der Schwerverkehrsfahrzeuge	44
6.4	Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	46
6.5	Ergebnisse aus den Umlegungsrechnungen	47
6.5.1	Bestimmung der Fahrzeit und der Fahrleistung	47
6.5.2	Ergebnisdarstellung (Kfz)	48
6.5.3	Ergebnisdarstellung der SV(FL)- und SV(FZ)-Anteile	50
7	Exkurs zur Berücksichtigung der Unfälle	53
7.1	Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und Unfallgeschehen	53

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
7.2	Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Unfallhäufigkeit auf Außerortsstraßen	56
7.3	Vergleich der Randbedingungen zwischen England und Deutschland	60
7.3.1	Überprüfen der statistischen Grundlage	60
7.3.2	Unfallgeschehen in England und Deutschland	61
7.3.3	Außerortsstraßen in England und Deutschland	62
7.3.4	Zulässige Höchstgeschwindigkeiten in England und Deutschland	62
7.3.5	Sonstiges	62
7.3.6	Ergebnis des Vergleichs	62
7.4	Einfluss differenzierter Ausbaugeschwindigkeiten auf die Geschwindigkeit V_{Rm}	63
7.4.1	Geschwindigkeitsbegriffe	63
7.4.2	Zusammenhang zwischen zulässiger Höchstgeschwindigkeit und Geschwindigkeit V_{Rm} auf Außerortsstraßen	63
7.4.3	Bestimmen der Geschwindigkeit V_{Rm} auf Außerortsstraßen	64
7.5	Schlussfolgerung	68
8	Berechnen der Nutzerkosten	69
8.1	Allgemeine Erläuterungen	69

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
8.2	Auswahl der Fahrzeuggruppen	69
8.3	Veränderung der Betriebskosten	70
8.3.1	Allgemeine Beschreibung	70
8.3.2	Veränderung der jährlichen Betriebskosten	72
8.4	Veränderungen der jährlichen Unfallkosten	74
8.4.1	Allgemeine Erläuterungen	74
8.4.2	Bestimmung nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997]	75
8.4.3	Bestimmung nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002]	77
8.4.4	Diskussion der Ergebnisse	78
8.5	Veränderungen der jährlichen Zeitkosten	79
8.6	Veränderungen der jährlichen Nutzerkosten	80
9	Bestimmen der Baukosten	81
9.1	Grundlegende Betrachtung	81
9.2	Methodischer Ansatz	82
9.2.1	Jährliche Investitionskosten	82
9.2.2	Laufende Kosten	86
9.2.3	Jährliche Baukosten	87
10	Nutzen-Kosten-Verhältnis	89
10.1	Bestimmung der Nutzen-Kosten-Verhältnisse	89

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
10.2	Beschreibung und Diskussion der Ergebnisse	90
11	Sensitivitätsanalyse	92
11.1	Betriebskosten	92
11.2	Zeitkosten	94
11.3	Baukosten	97
11.4	Kosten für den Straßenoberbau	98
12	Reflexion der Aufgabenstellung, Übertragbarkeit und Praxisrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse	99
12.1	Zur Zielstellung der vorliegenden Arbeit	99
12.2	Ausbau von Einzelstrecken oder zusammenhängenden Straßennetzteilen?	99
12.3	Kostenoptimaler Ausbaustandard	100
12.4	Auswirkung der erarbeiteten Ergebnisse auf zukünftige Planungen	101
13	Zusammenfassung	103
Anhang		109
Literaturverzeichnis		186
Abbildungsverzeichnis		200
Tabellenverzeichnis		205
Verzeichnis der Abkürzungen		207

Anhangverzeichnis

Kapitel		Seite
14	Unfallarten	110
15	Umlegungsergebnisse	111
15.1	Kraftfahrzeuge	111
15.2	Schwerverkehr	118
16	Betriebskosten	125
16.1	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten	125
16.2	Jährliche Betriebskosten	128
16.3	Unfallkosten	133
16.4	Angepasste Unfallkostensätze	133
16.5	Jährliche Unfallkosten	136
16.6	Zeitkosten	139
16.7	Summe Nutzerkosten	141
17	Nutzerkosten nach [TAYLOR 2002]	142
17.1	Unfallkosten	142
17.2	Summe Nutzerkosten	150
18	Baukosten	151
18.1	Investitionskosten	151
18.2	Jährliche Baukosten	152
19	NKV	154

Anhangverzeichnis

Kapitel		Seite
19.1	NKV(EWS)	154
19.2	NKV(TAYLOR)	156
20	Sensitivitätsanalyse Betriebskosten	158
20.1	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten	158
20.2	Jährliche Betriebskosten	161
20.3	EWS	166
20.3.1	Summe Nutzerkosten	166
20.3.2	NKV(EWS)	167
20.4	TAYLOR	169
20.4.1	Summe Nutzerkosten	169
20.4.2	NKV(TAYLOR)	170
21	Sensitivitätsanalyse Zeitkosten	172
21.1	Jährliche Zeitkosten	172
21.2	EWS	174
21.2.1	Summe Nutzerkosten	174
21.2.2	NKV(EWS)	175
21.3	TAYLOR	177
21.3.1	Summe Nutzerkosten	177
21.3.2	NKV(TAYLOR)	178

Anhangverzeichnis

Kapitel		Seite
22	Sensitivitätsanalyse Baukosten	180
22.1	Jährliche Baukosten	180
22.1.1	NKV(EWS)	182
22.1.2	NKV(TAYLOR)	184

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949, zuletzt geändert durch das Gesetz vom 26. Juli 2002 (BGBl. ¹ I, S.2863), fordert unter Punkt VII „Die Gesetzgebung des Bundes“, Artikel 72 Abs.(2): „Der Bund hat in diesen Bereichen (der konkurrierenden Gesetzgebung zwischen Bund und Ländern) das Gesetzgebungsrecht, wenn und soweit die Herstellung *gleichwertiger Lebensverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland* ... eine bundeseinheitliche Regelung erforderlich macht.“

Mit dem Raumordnungsgesetz aus dem Jahr 1965 [**ROG 1965**] wird dazu erstmals auf Bundesebene allgemeingültig festgelegt, in welchen Teilbereichen der Bundesrepublik Deutschland eine *Verbesserung der Lebensverhältnisse* erforderlich ist. §2 Abs.(2) des [ROG 1965] führt dazu aus: „In Gebieten, in denen die Lebensbedingungen in ihrer Gesamtheit im Verhältnis zum Bundesdurchschnitt wesentlich zurückgeblieben sind, oder ein solches Zurückbleiben zu befürchten ist, sollen die allgemeinen wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse ... verbessert werden“ wobei „in den Gemeinden dieser Gebiete die Lebensbedingungen der Bevölkerung, insbesondere die Wohnverhältnisse und die Verkehrs- und Versorgungseinrichtungen allgemein verbessert werden (sollen)“, d.h. das gesteuerte (Wirtschafts-) Wachstum wurde als geeignetes Mittel für die Verbesserung der Lebensverhältnisse angesehen.

Hinsichtlich der Umsetzung dieser Forderung stand in Bezug auf die Verkehrseinrichtungen damals kein Planungsinstrumentarium zur Verfügung. Im [ROG 1965] selbst wurde dazu nur ausgeführt, dass „die verkehrs- und versorgungsmäßige Aufschließung, die Bedienung mit Verkehrs- und Versorgungsdienstleistungen und die angestrebte Entwicklung miteinander in Einklang zu bringen [vgl. ROG 1965, §2 Abs.(1)]“ sind.

¹ BGBl.: Bundesgesetzblatt

[BUSCH, STELLING 1970] geben dazu an, dass zur Beseitigung dieses Defizits im Herbst 1965 der Arbeitsausschuss „Straßennetzgestaltung“ der Arbeitsgruppe „Planung und Verkehr – Landstraßen²“ bei der FGSV³ gegründet wurde. Dieser konstituierte sich am 27.01.1966. Sein Aufgabenfeld wurde wie folgt umrissen:

1. Grundlagen zu bestimmen, die die Straßenplanung im Allgemeinen und die Planung der Straßennetze im Besonderen anzuwenden hat,
2. diese Grundlagen aufeinander abzustimmen und
3. daraus Maßstäbe zu entwickeln, nach denen Straßen und Straßennetze beurteilt werden können.

Im Ergebnis erschienen dann die **[RAL-N FGSV 1977]**. Mit dieser Richtlinie wurden jedoch keine Zielgrößen für die Gestaltung eines bundeseinheitlichen Straßennetzes vorgegeben. Sie führt stattdessen aus, dass

- zunächst ein in sich abgeschlossener Planungsraum abzugrenzen sei (z.B: durch die Gebietskörperschaften, die „jedoch nicht zu eng gefasst werden sollten“) und anschließend
- die vorgegebenen Zielvorstellungen (Einheit von Siedlungsräumen, Einheit von Wirtschaftsräumen, Pendlereinzugsbereiche, zentrale Orte und ihre Versorgungsbereiche und Naherholungsgebiete) *nur* für diesen abgegrenzten Planungsraum in Einklang zu bringen seien.

D.h. die Umsetzung des festgelegten nationalen Ziels der gleichwertigen Lebensverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland sollte über eine sehr differenzierte Analyse vorhandener, in sich abgegrenzter Planungsräume und einer anschließenden Prognose von nicht nur verkehrlichen Entwicklungen mit einer abschließenden Zielgewichtung erfolgen.

² **[Begriffsbestimmungen FGSV 2000]:**
Einbahnige Außerortsstraße

³ FGSV: *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen*

STAHL⁴ führte dazu in einem Gespräch mit dem Verfasser aus, dass „die Umsetzung der [RAL-N FGSV 1977] sehr aufwendig gewesen sei, im Wesentlichen aber und dies kam betont zum Ausdruck, handelte es sich bei dem zugrunde liegenden Verfahren um ein Verfahren zur Optimierung vorhandener Straßennetze in einem abgegrenzten Raum. Der systematische Aufbau eines bundeseinheitlichen Verkehrsnetzes, die übergeordnete Bestimmung von Aufgaben verschiedener Straßennetzeile, war mit diesem Verfahren nicht möglich. Es fehlte die notwendige, vorgelagerte Konzeptionsphase als eigenständige Aufgabe.“

Ein Blick in die Protokolle des Arbeitsausschusses „Netzgestaltung“ der FGSV von 1978, also nur ein Jahr nach der Veröffentlichung der [RAL-N FGSV 1977], belegt diese Auffassung. In der Niederschrift der 9. Sitzung vom 19. und 20. Oktober 1978 wird betont: „Daß sich die RAL-N in erster Linie an die Verwaltung richtet und im Einzelfall anwendbar sein soll.“ Ergänzend sieht es „Herr Schönhartig als besonders notwendig an, die Richtlinien so auszuweiten, daß sie umfassend für Straßennetzüberlegungen anwendbar werden.“

In der nachfolgenden Sitzung am 4. und 5. Oktober 1979 wird dieser Gedanke konkretisiert. Ausgehend von den grundsätzlichen Änderungen im verkehrspolitischen Bereich⁵ wird zwar die Fortschreibung der vorliegenden [RAL-N FGSV 1977] bejaht, jedoch sollte in der Neufassung „klar herausgestellt werden, daß es in erster Linie nicht um Straßenneubau, sondern um einen *Ausbau* und eine *funktionale* Gliederung des vorhandenen Wegenetzes geht.“ Und weiter heißt es: „Die starke Berücksichtigung von Fragen der Raumordnung ... muß bei der weiteren Bearbeitung noch intensiviert werden. Dies setzt voraus, daß für den Straßenbauer, der ja die Richtlinie anwenden soll, die Zusammenhänge zwischen Raumordnung und Straßenbau noch stärker herausgestellt werden müssen.“ In den anschließenden Jahren wurde der

⁴ Herr Dr.-Ing. Günther Stahl nahm sowohl an den Ausschusssitzungen zur [RAL-N FGSV 1977] als auch an den Sitzungen für die nachfolgende Richtlinie teil.

⁵ Zitat aus dem Protokoll: „Zunächst kann ... eine weitgehende Straßenfeindlichkeit in den Medien festgestellt werden. Nicht Straßenbau, sondern Verkehrsberuhigung – auch ganzer Städte – sowie der Bau von Radwegenetzen stehen im Vordergrund“

Gedanke der funktionalen Gliederung⁶ methodisch erfasst und entwickelt. 1988 erfolgte schließlich die Überführung der [RAL-N FGSV 1977] in die **[RAS-N FGSV 1988]**. Sie ist bis heute anzuwenden⁷.

Die Umsetzung des festgelegten nationalen Ziels der *gleichwertigen Lebensverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland* erfolgt in Bezug auf die Verkehrseinrichtungen nunmehr „über die Gestaltung des gesamten Straßennetzes (und nicht über abgegrenzte Planungsräume, Anm. d. Autors), in Abhängigkeit der Bedeutung der jeweiligen Netzteile“ und unter Berücksichtigung einer möglichst „*gleichwertigen Erreichbarkeit* von Einrichtungen der Daseinsvorsorge und der wirtschaftlichen Produktions- und Absatzstandorte [vgl. RAS-N FGSV 1988].“ *Gleichwertige Lebensverhältnisse* sollen damit, bezogen auf die Straßeninfrastruktur, über eine *gleichwertige Erreichbarkeit* erzielt werden.

Dieser Grundgedanke der Straßenplanung, festgeschrieben durch die [RAS-N FGSV 1988], ist immer noch bei der Planung von Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften anzuwenden.

Seit der Neufassung des Raumordnungsgesetzes im Jahr 1997 **[ROG 1997]** deutete sich jedoch ein raum- und städteentwicklungspolitischer Paradigmenwechsel an, der die *gleichwertige Erreichbarkeit* als nationale Zielvorstellung und damit die Vorgehensweise der [RAS-N FGSV 1988] in Frage stellt. Sollten nach dem [ROG 1965] noch die *allgemeinen* Verhältnisse verbessert werden, so wurde dieser Anspruch auf die Absichtserklärung, „die Entwicklungsvoraussetzungen *bevorzugt* zu verbessern [vgl. ROG 1977, §2 Abs.(7)]“, reduziert. Hintergrund dieses Wechsels ist die anstehende demographische Entwicklung und die damit einhergehende Reduzierung der Bevölkerungszahlen in bestimmten Teilräumen der Bundesrepublik Deutschland.

⁶ RAS-N (FGSV 1988):
Das Straßennetz im Rahmen der Verkehrs- und Raumplanung in Abhängigkeit von der Bedeutung (Funktionen) der jeweiligen Netzteile zu gliedern und zu gestalten.

⁷ Zur Zeit wird die „Rahmenrichtlinie für die integrative Netzgestaltung RIN“ erarbeitet. Diese soll zukünftig die [RAS-N 1988] ablösen.

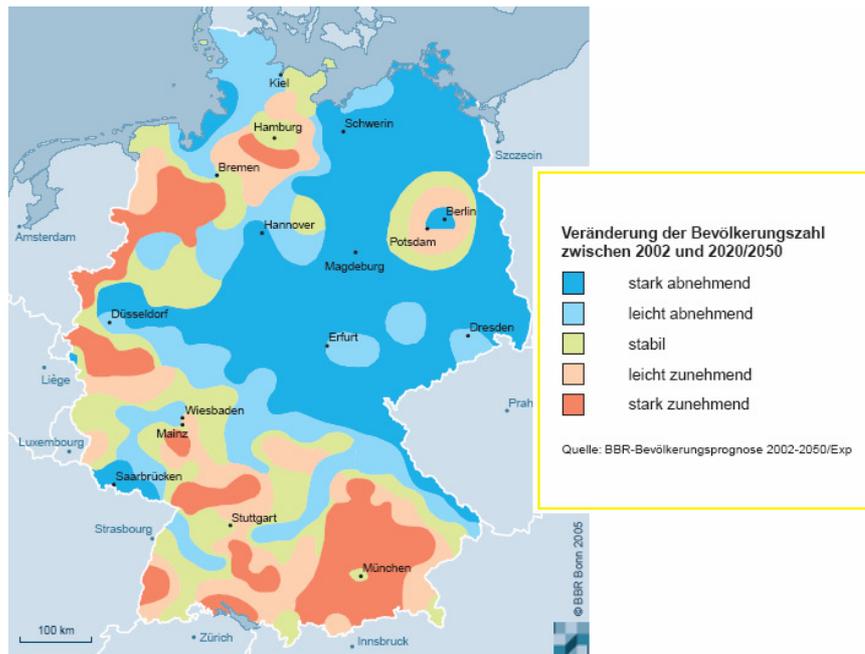


Abbildung 1.1: Veränderung der Bevölkerungszahl, Prognose für das Jahr 2050
[BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG 2005]

[KOCKS 2003] weist mit Bezug auf diese Entwicklung darauf hin, dass „es in den nächsten Jahren eine der drängendsten Aufgaben sein wird, die öffentliche Daseinsvorsorge in großen Flächen neu zu ordnen. Teure Unterauslastungen von Einrichtungen sind bei der kritischen Haushaltslage von Städten und Kommunen nicht zu leisten.“

[ZECK 2003] ergänzt, dass das „Zentrale-Orte-Konzept⁸ ... in seinen Ziel- und Steuerungsansätzen nicht einseitig auf Schrumpfung oder Wachstum ausgerichtet (ist), sondern (es) lässt Anpassungsstrategien in die eine wie in die andere Richtung zu.“

Das Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) und das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) forderten im Jahr 2005, ausge-

⁸ Das Zentrale-Orte-Konzept geht auf Untersuchungen von [CHRISTALLER 1933] zurück. Er konnte nachweisen, dass es eine Regelmäßigkeit in der Verteilung von Städten und Gemeinden im Raum nach ihrer Bedeutung gibt. Unter "zentral" sollte verstanden werden, dass die Gemeinde gegenüber ihrer Umgebung einen "Bedeutungsüberschuss" hat, der nicht von Fläche oder Einwohnerzahl abhängig ist, sondern "Ergebnis des wirtschaftlichen Zusammenwirkens der Bewohner" ist. Damit war der "zentrale Ort" unabhängig von der Siedlungs-, der politischen oder wirtschaftlichen Einheit zu verstehen. Die Theorie wurde Grundlage für das Zentrale-Orte-Konzept, dass bei der Strategie zur deutschen Raumentwicklung eine wesentliche Rolle übernahm. Nachdem in den sechziger Jahren alle (west)deutschen Bundesländer in ihren Programmen und Plänen Orte mit zentralörtlicher Bedeutung festgelegt hatten, definierte die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) am 8.2.1968 in einer Entschliebung eine bundeseinheitliche, vierfache Stufung in Ober-, Mittel-, Unter- und Kleinzentren [vgl. Skript Universität Karlsruhe (TH) ISL Lehrmodul: Theorie der Zentralen Orte von Walter Christaller]. Aus dieser Festlegung leitet sich das System von Straßenverbindungen unterschiedlicher Bedeutung ab.

hend von diesen Einschätzungen, dass nicht überall „die gleichen Versorgungsstandards und Leistungsangebote gelten müssen. Vielmehr geht es um ein angepasstes und zumutbares Niveau der Daseinsvorsorge, das den jeweiligen Nachfrage- und Auslastungsverhältnissen entspricht. Dies kann eine Diskussion über räumlich differenzierte Mindeststandards einschließen [vgl. **BMVBW BBR 2005**]“.

Nach dem Beschluss der 32. Ministerkonferenz für Raumordnung vom 28. April 2005 ist nunmehr als nationale Zielsetzung:

- „eine *bedarfsgerechte öffentliche Infrastrukturversorgung* in allen Teilräumen des Bundesgebietes als Ausdruck des Prinzips der Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse sicher(zu)stellen, fort(zu)entwickeln und die notwendigen *Anpassungen* unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungschancen sind herbei(zu)führen.“

Diese Festlegung bedeutet eine Abkehr vom gesteuerten (Wirtschafts-) Wachstum in allen Teilräumen der Bundesrepublik Deutschland. Stattdessen wird das nationale Ziel reduziert und der „gestaltete Umbau [vgl. **BMVBW BBR 2005**]“ der vorhandenen Infrastruktur als neue Aufgabe propagiert.

Um Lösungsansätze für die Umsetzung der notwendigen Anpassungen zu finden, hat das BMVBW verschiedene Modellvorhaben der Raumordnung initiiert, so die Modellvorhaben „Anpassungsstrategien für ländliche/periphere Regionen mit starkem Bevölkerungsrückgang“, „Sektorale Handlungsansätze zur Anpassung der Infrastruktur“ oder „Integrierte Strategien – das Zentrale-Orte-Konzept.“ Als Handlungsoption für die Modifikation der bisherigen Angebote der Daseinsvorsorge wird in den Regionen mit Bevölkerungsrückgang von einem neustrukturiertem System der zentralen Orte ausgegangen, dass als Grundgerüst für den Anpassungsprozess dienen soll. Die *Region* ist dabei die zentrale Ebene für die Sicherung der öffentlichen Daseinsvorsorge. Dies bedeutet eine „*stärkere räumliche Bündelung* [vgl. **BMVBW BBR 2005**]“, d.h. die Dichte der Zentren wird in Frage gestellt, eine Ausdünnung ist zu erwarten.

Für die betroffenen Netzteile der Straßeninfrastruktur ergeben sich daraus weitreichende Konsequenzen, die nachfolgend hergeleitet werden:

- Die heutige *Ausbauqualität*⁹ von Straßen wird aus der Einhaltung der nachfolgend aufgeführten maximalen Reisezeitvorgaben abgeleitet.

	Zeitaufwand in Minuten Individualverkehr	
Grundzentren	≤ 20	
Mittelzentren	≤ 30	
Oberzentren	≤ 60	

Angestrebte Reisezeiten für die Erreichbarkeit zentraler Orte von den Wohnstandorten aus (RAS-N (1988); Bild 7)

	Zeitaufwand in Minuten Individualverkehr	
	nächste Nachbarn	übernächste Nachbarn
Grundzentren	≤ 25	≤ 45
Mittelzentren	≤ 45	≤ 80
Oberzentren	≤ 120	≤ 280

Grenzwerte der Reisezeiten für die Verbindungen der zentralen Orte untereinander (RAS-N (1988); Bild 8)

Abbildung 1.2: Reisezeitvorgaben nach den [RAS-N FGSV 1988]
[RAS-N FGSV 1988]

Aus diesen Reisezeitvorgaben werden für *Straßenabschnitte* angestrebte Pkw-Reisegeschwindigkeiten¹⁰ entwickelt.

- Mit der neuen raumordnungspolitischen Zielsetzung müssen diese Erreichbarkeitskriterien überprüft werden.
- Das vorhandene Straßennetz muss diesbezüglich gegebenenfalls neu strukturiert werden, wobei die Neustrukturierung maßgebend die Straßennetzteile, die der räumlichen Bündelung zuzuordnen sind, umfasst.

Daraus leitet sich die Frage ab, ob die bisherige *Ausbauqualität* von Straßen in den von der „räumlichen Bündelung“ betroffenen Straßennetzteilen weiterhin aufrecht erhalten werden sollte.

Dieser Frage wird unter Betrachtung der wirtschaftlichen Bewertungsmethodik der Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen **[EWS FGSV 1997]** in der vorliegenden Arbeit nachgegangen (zur Auswahl des Bewertungsverfahrens siehe nachfolgende Kapitel).

⁹ In der [RAS-N FGSV 1988] wird zur Unterscheidung der Begriff „Ausbauqualität“ im Zusammenhang mit dem Straßennetz und der Begriff „Ausbaustandard“ im Zusammenhang mit Straßenabschnitten verwendet.

¹⁰ Da der Zeitanteil der Rüstzeiten an der gesamten Reisezeit mit der Fahrlänge abnimmt, kann der Zusammenhang zwischen einer angestrebten Reisezeit und einer „zugehörigen“ Reisegeschwindigkeit nur eingeschränkt allgemeingültig angegeben werden. Weiterhin spielt die Direktheit der Verbindung eine mitentscheidende Rolle. Angestrebte Reisezeiten können nicht nur über höhere Geschwindigkeiten, sondern auch über kürzere Verbindungen erreicht werden. Dieser Zusammenhang ist über den Umwegfaktor nach den [RAS-N FGSV 1988] berücksichtigt.

1.2 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Die maßgebenden Nutzen sind nach den [EWS FGSV 1997] über feste oder fahrgeschwindigkeits- bzw. verkehrsstärkeabhängige Kostengrundwerte zu berechnen. Innerhalb einer Netzbetrachtung lassen sich dabei Abhängigkeiten zwischen der Verkehrsstärke und der *Fahrgeschwindigkeit*¹¹ herleiten, so dass nur die Fahrgeschwindigkeit eine unabhängige Variable darstellt.

Der Begriff der Fahrgeschwindigkeit wird in Bezug auf die *Ausbauqualität* von Straßennetzen in den zur Zeit gültigen Ansätzen der [RAS-N FGSV 1988] nicht verwendet. Die Ausbauqualität wird aus den im vorigen Kapitel aufgeführten Pkw-Reisegeschwindigkeiten abgeleitet.

Gestützt auf diese angestrebten Pkw-Reisegeschwindigkeiten und die grundlegenden „Vorgaben an den Ausbauzustand einer Straße, insbesondere an die Linienführung, die Querschnittswahl und an die Knotenpunktgestaltung [vgl. RAS-N 1988]“ werden in Deutschland den verschiedenen Aufgaben innerhalb des Straßenentwurfes verschiedene Geschwindigkeitsbegriffe zugeordnet¹², aus denen dann Entwurfsparameter für die Querschnittsbemessung und die Trassierung abgeleitet werden.

Die [RAS-N FGSV 1988] unterscheidet zwischen *Straßennetze* und *Straßenabschnitte*. Über den Hinweis, dass „innerhalb einer Straßenkategorie¹³ auf eine weitgehend einheitliche Streckencharakteristik¹⁴ der einzelnen Straßenabschnitte hinzuwirken (sei)“, wird der Bezug hergestellt. Es werden aber keine technischen Ausbauparameter für die Netzgestaltung angegeben, sondern diese leiten sich immer aus der Betrachtung von Einzelstrecken ab. Die [RAS-N FGSV 1988] gehen somit davon aus,

¹¹ In Bezug auf Pkw ist die Fahrgeschwindigkeit die Geschwindigkeit mit der sich ein Pkw bewegt. Im Gegensatz dazu schließt die Reisegeschwindigkeit die Rüstzeiten am Anfang und Ende der Fahrt mit ein [vgl. Skript Universität Karlsruhe (TH) Institut für Verkehrswesen, Umdruck PM 4-1].

¹² Zu den Definitionen siehe auch nachfolgende Abbildung 1.3.

¹³ [Begriffsbestimmungen FGSV 2000]:
Straßenkategorie: Unterteilung der Straßen einer Kategoriengruppe nach der räumlichen oder örtlichen Bedeutung der zu erfüllenden Funktion. Kategoriengruppe: Hierarchische Zusammenfassung von Straßenarten nach Lagemerkmalen und gleichartigen maßgebenden Funktionen.

¹⁴ [Begriffsbestimmungen FGSV 2000]:
Gesamtheit der baulichen und räumlichen Merkmale eines Straßenzuges, die für das Verhalten der Fahrer auf einem zusammenhängenden Streckenabschnitt maßgebend sind.

dass sich aus der Berücksichtigung des erwähnten Zusammenhangs die angestrebte funktionale Netzgliederung ergibt.

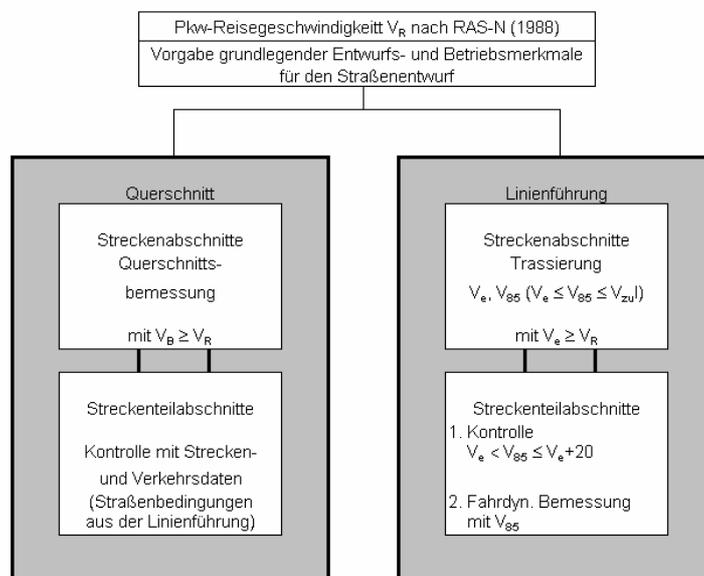


Abbildung 1.3: Funktionen der Geschwindigkeit im Straßenentwurf
[Eigene Darstellung; in Anlehnung an WEISE et. al. 1997]

Einheitliche Ausbaustandards können über diese Vorgehensweise jedoch nicht vorgegeben werden. Dies liegt darin begründet, dass aus den verschiedenen Geschwindigkeitsbegriffen nur Mindestanforderungen bzw. Mindesttrassierungsparameter entwickelt werden. Es ist aber schwerlich davon auszugehen, dass ein Straßenentwurf nur unter Einhaltung dieser Mindestparameter erfolgt. Der Ausbaustandard von Straßenabschnitten und damit die Ausbaupqualität von Straßennetzen gleicher Funktion variiert damit stark.

Für eine wirtschaftliche Betrachtung von Straßennetzen ist jedoch gerade eine einheitliche Ausbaupqualität als Grundlage der Bewertung notwendig.

Unter Berücksichtigung der hergeleiteten Fragestellung kann daher der allgemeine Ansatz der [RAS-N FGSV 1988] nur insofern übernommen werden, dass als Eingangsgröße, als Sollvorgabe für die Bestimmung einer Ausbaupqualität eine angestrebte Geschwindigkeit in Betracht kommt. Im Gegensatz zur Vorgehensweise der

[RAS-N FGSV 1988] muss diese neue *Geschwindigkeit*¹⁵ aber ein angestrebtes *Geschwindigkeitsniveau* eines funktional zusammengehörenden Straßennetzes beschreiben. Ein Herunterbrechen auf Streckenabschnitte darf nicht erfolgen. Erst im Nachgang der wirtschaftlichen Bewertung ist zu verifizieren, mit welchen Mitteln, also über welche konkreten (Planungs-) Vorgaben, diese Geschwindigkeit erreicht werden soll¹⁶.

Die grundlegende Idee der vorliegenden Arbeit ist, dass für die Straßennetzteile, die von der „räumlichen Bündelung“¹⁷ betroffen sind, differenzierte Geschwindigkeiten vorgegeben und die sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Effekte beschrieben werden. Dabei wird angenommen, dass das bestehende Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften zukünftig untergliedert werden kann in:

- Das bestehende Hochleistungsnetz der Bundesautobahnen,
- übergeordnete Straßennetzteile¹⁸, die sowohl der überörtlichen Verbindung dienen als auch für höhere Verkehrsbelastungen ausgelegt sind. Für Straßen, die diesen Netzteilen zugeordnet werden können, soll weiterhin die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] gelten¹⁹.
- Die nachgeordneten Straßennetzteile²⁰, die den Teil des Straßennetzes darstellen, die von der „räumlichen Bündelung“ betroffen sind. In diesen nachgeordneten Straßennetzteilen werden differenzierte Geschwindigkeiten vorgegeben.

¹⁵ Die Inhaltliche Festlegung des hier verwendeten Begriffs „Geschwindigkeit“ erfolgt im nächsten Kapitel.

¹⁶ Dies bedeutet eine Umkehrung der bisherigen Vorgehensweise bei Kosten-Nutzen-Analysen (KNA), in denen üblicherweise zuerst die konkreten Straßenbauvorhaben im Vordergrund stehen.

¹⁷ Zitat aus [BMVBW FE-Nr. 26.138/1988].

¹⁸ Nachfolgend auch als das „übergeordnete Straßennetz (üStrN)“ bezeichnet.

¹⁹ „Vom 01.10.1972 bis 31.12.1975 wurde die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Pkw auf Straßen, die nicht mit mehreren Fahrstreifen für eine Richtung ausgerüstet sind, außerorts auf 100 [km/h] festgelegt (Tempo 100 Großversuch). Ab dem 01.01.1976 gilt die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] für Pkw als Dauerregelung [vgl. Statistisches Bundesamt Verkehrsunfälle 2000].“

²⁰ Nachfolgend auch als das „nachgeordnete Straßennetz (nStrN)“ bezeichnet.

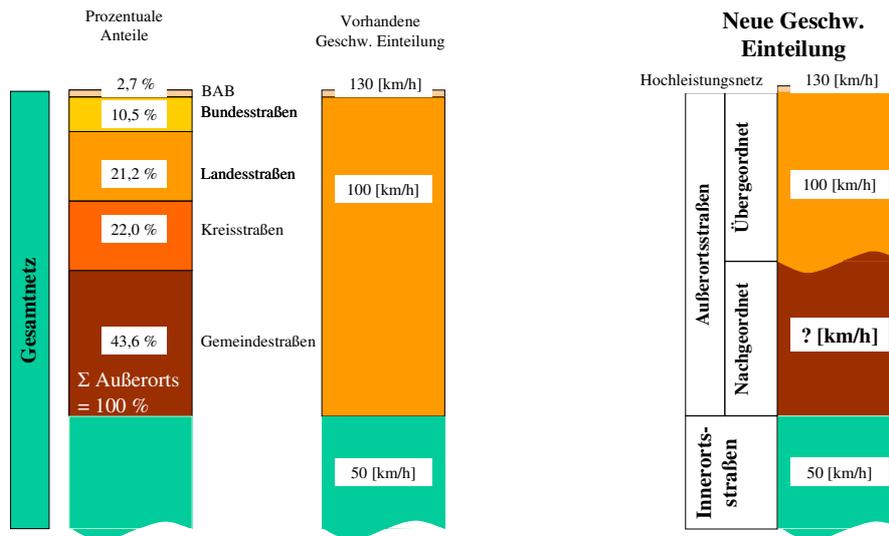


Abbildung 1.4: Vorhandene und mögliche zukünftige Geschwindigkeitseinteilung im außerörtlichen Straßennetz
 [Eigene Darstellung]

Bezogen auf das nachgeordnete Straßennetz leiteten sich folgende grundsätzliche Fragestellungen ab, denen in der vorliegenden Arbeit nachgegangen werden soll:

- Können über die Festlegung differenzierter Geschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz Veränderungen von „Kosten“ nachgewiesen werden?
- Lässt sich damit die Einführung von räumlich differenzierten Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen ausreichend begründen?

1.3 Begriffliche Festlegung zur Ausbaugeschwindigkeit

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wird unter der Vorgabe einer Geschwindigkeit ein angestrebtes Geschwindigkeitsniveau für ein funktional zusammengehörendes Straßennetz verstanden. Der Einfluss der Verkehrsstärke wird hierbei berücksichtigt. Um diesen Zusammenhang eindeutig herauszustellen, wird der Begriff der *Ausbaugeschwindigkeit*, abgekürzt V_A [km/h], eingeführt.

Die Ausbaugeschwindigkeit beschreibt auch die maximal zulässige Höchstgeschwindigkeit, die nicht überschritten wird.

Die Ausbaugeschwindigkeit wird innerhalb dieser Arbeit der Fahrgeschwindigkeit nach den [EWS FGSV 1997] gleichgesetzt.

2 Straßennetze

2.1 Aktuelle Entwicklung von Netzklassifizierungen

In Europa allgemein, verstärkt in England, Holland und in Deutschland, werden zur Zeit Initiativen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Straßen organisiert.

In Holland führt die dort gewonnene Erkenntnis, dass ca. 90 Prozent der Verkehrsunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind, zu der Einsicht, dass der Mensch eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von nachhaltigen Verkehrssystemen einnehmen muss. In Bezug zur Verbesserung der Straßeninfrastruktur wurde folgendes Ziel, aus dem die Neueinteilung der Straßenhierarchien in Holland abgeleitet wird, formuliert:

- „...Die Funktion der Straßeninfrastruktur und das Erscheinungsbild einer Straße an die Möglichkeiten (gemeint ist das Aufnahmevermögen, Anm. des Autors) des Straßennutzers anzupassen ... [vgl. **VAN VLIET, SCHERMERS 2000**].“

Auch in England wurde ein Diskussionspapier mit ähnlicher Zielstellung vorgestellt [**DTLR 2001**]. Damit der Straßennutzer die Funktion der Straße erkennt und akzeptiert, sollte danach grundsätzlich die Neueinteilung des Straßennetzes so einfach wie möglich gehalten werden.

Beide Ansätze beruhen auf dem Konzept der selbsterklärenden Straßen. Grundlage dieses Konzeptes ist die Tatsache, dass der Mensch im Unterbewusstsein Straßen in Straßensequenzen und diese dann in Kategorien einteilt. Jede typische Straßensequenz repräsentiert dabei einen bestimmten Straßentyp und damit ein Verhaltensmuster. Nicht in diese Straßentypen einzuordnende Straßen werden nicht individuell gespeichert. Die typischen Straßensequenzen werden über Erfahrungen entwickelt [**THEEUWES 1994**].

Sobald eine unbekannte Straße befahren wird, werden diese existierenden Schemata und Ihre typischen Charakteristika angewendet, um die Straße zu kategorisieren und kognitiv einzuordnen.

Selbsterklärende Straßen nutzen diesen Effekt aus. Sie sollten also so entworfen werden, dass die kognitive mit der geplanten Kategorisierung übereinstimmt. [THEEUWES, DIKS 1995] haben nachgewiesen, dass die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit in Bezug zu der kognitiven Kategorisierung steht. Weitergehende Untersuchungen von [DIJKSTRA, TWISK 1991] wiesen nach, dass gleiche Straßentypen von verschiedenen Straßenbenutzer ähnlich kognitiv kategorisiert werden und auch die zu fahrende Geschwindigkeit ähnlich eingeschätzt wurde.

Selbsterklärende Straßen sind Straßen, bei denen die kognitive Kategorisierung mit der geplanten Kategorisierung übereinstimmt.

In den genannten Ländern wird über eine Neuklassifizierung des Straßennetzes, einhergehend mit der Einführung bestimmter funktionaler Kennwerte bzw. Kennzeichen versucht, die erkannte notwendige Übereinstimmung zu erreichen.

Holland und England haben gemeinsam, dass in beiden Ländern eine auf die funktionale Bedeutung bezogene differenzierte zulässige Höchstgeschwindigkeit vorgegeben wird. Weitere Anforderungen sind in den nachfolgenden Tabellen formuliert.

Design criteria	ROADS OUTSIDE BUILT-UP AREAS		
	Through road	Distribution road	Access road
Speed limit	120 / 100	80	60
Longitudinal marking	complete	parity	no
Cross section	2 x 1 (or more)	2 x 1 (or more)	1
Road surface	closed	closed	open
Access control	yes	yes	no
Carriageway separation	yes, physical	yes, visual, to be crossed over	no
Crossing road sections	grade separated	grade separated	at grade
Parking facilities	no	no	parking space or on the carriageway
Stops for public transport	no	outside the carriageway	on carriageway
Emergency facilities	emergency lane	in verge or on hand shoulder	no
Obstacle free zone	large	medium	small
Cyclists	separated	separated	depending
Mopeds	separated	separated	on carriageway
Slow motorised traffic	separated	separated	on carriageway
Speed reducing measures	no	appropriate measures	yes

Tabelle 2.1: Mögliche zukünftige Hierarchie von Streckenabschnitten in Holland
 [WEGMAN, WOUTERS 2002]

Possible template for a speed management hierarchy			
Speed limit	Tier 1 Through traffic an distribution	Tier 2 Mixed use	Tier 3 Local Use
Road class	A	B	Other
70 [mph]	Dual carriageway only		
60 [mph]	High single carriageways		
50 [mph]	Poor quality single carriageways	Roads with open aspect and limited presence of vulnerable users	
40 [mph]	Exceptional town or village with wide roads and good provision for vulnerable users	Poor quality roads with frequent access points and junctions	Between villages and open aspect roads
30 [mph]	Town and villages	Town and villages	Villages with adequate footways. Poor quality roads with vulnerable users
20 [mph]		Exceptional use in villages with restricted layouts and many vulnerable users	Quiet Lanes Villages without footways and narrow roads

Tabelle 2.2: Mögliche zukünftige Straßenhierarchie (England)
 [DTLR 2001]

In Holland werden zudem verschiedene Längsmarkierungen eingesetzt. Damit soll dem Straßennutzer eindeutig signalisiert werden, auf welchem Straßennetzteil er sich gerade bewegt.

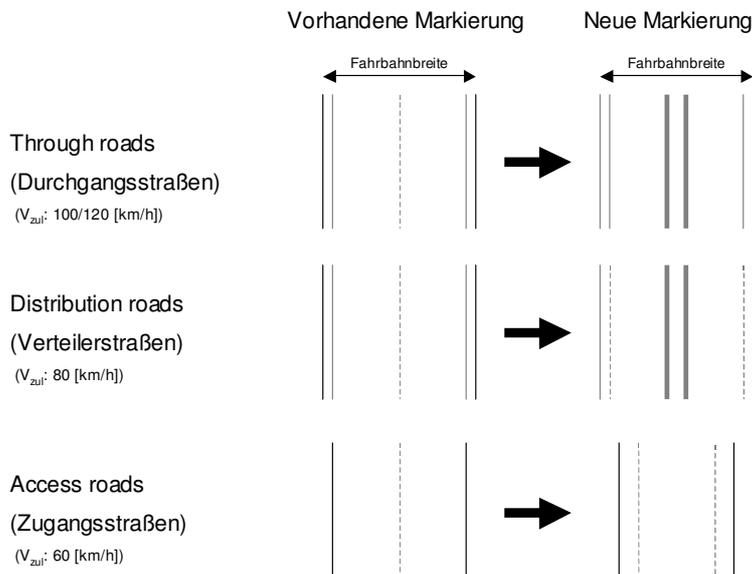


Abbildung 2.1: Vorhandene und neue Längsmarkierung (Holland)
 [DAVIDSE et al. 2003]

In Deutschland ist mit einer Veränderung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] aktuell nicht zu rechnen. Um dennoch in Deutschland „ausgewogene, differenzierte Fahrräume entstehen (zu lassen), aus deren Erscheinungsbild ... das aus Sicherheitsgründen erwünschte Fahrverhalten ersichtlich ist

[DER ELSNER 2006]“, werden in Deutschland die betroffenen Richtlinien neu gefasst [Hartkopf 2005]. Zielstellung der Neufassung ist u.a., über den Entwurf die Einheit zwischen dem Erscheinungsbild und dem Betrieb von Straßen, d.h. den Grundsatz der selbsterklärenden Straßen, zu gewährleisten.

Dafür sollen die aktuellen sektoralen Richtlinien in ganzheitliche, nach Straßentyp und Lage zusammengeführte, Richtlinien überführt werden.

Die neue „Rahmenrichtlinie für integrative Netzgestaltung RIN“ wird u.a. deshalb auch für das Straßennetz in „eine Kategoriengruppe für Autobahnen (AA) und in mehrere Kategoriengruppen für sonstige Straßen ... unterscheiden. Straßen außerhalb bebauter Gebiete, die keine Autobahnen sind (Landstraßen), erhalten die Kategoriengruppe AL [vgl. DER ELSNER 2006]“. Ein Entwurf der neuen Verknüpfungsmatrix ist nachfolgender Abbildung zu entnehmen.

Verbindungs- funktionsstufe \ Kategorien- gruppe		Autobahnen		Sonstige Straßen			
		AA	AL	innerhalb bebauter Gebiete			
				anbaufrei		angebaut	
				Verbindung	Erschließung	Aufenthalt	
		AA	AL	B	C	D	E
kontinental	0	AA 0					
großräumig	I	AA I	AL I	B I	C I		
überregional	II	AA II	AL II	B II	C II	D II	
regional	III	-	AL III	B III	C III	D III	E III
nähräumig	IV	-	AL IV	B IV	C IV	D IV	E IV
kleinräumig	V	-	AL V	-	-	D V	E V

	in der Regel nicht vorkommend		besonders problematisch
	problematisch		nicht vertretbar

Abbildung 2.2: Verknüpfungsmatrix zur Bestimmung von Straßenkategorien
 [DER ELSNER (2006), Entwurf RIN Stand 2005]

Die bisherige Straßenkategorisierung nach Gesichtspunkten der Raumordnung bleibt erhalten, bei den Verbindungsfunktionsstufen wird die „kontinentale Verbindungsstufe“ neu eingeführt. Nach dem Entwurf der neuen „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen - RAL“ werden die Verdeutlichung der Netzfunktion und die anzuwendenden Entwurfsparameter zukünftig von der Einstufung des betrachteten Straßen-

abschnittes in eine der vier ebenfalls neu eingeführten Entwurfsklassen²¹ abhängen. Mit dieser Zuordnung wird eine stärkere Standardisierung angestrebt. Regelquerschnitte und Knotenpunktformen sollen den Entwurfsklassen einheitlich zugeordnet werden, für die Trassierungsparameter gibt es künftig nicht nur Mindest-, sondern auch Höchstwerte. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit kann nach Prüfung im Anwendungsfall beschränkt werden. Nach den vorliegenden Informationen beschränkt sich diese Aussage aber auf Straßenabschnitte der niedrigsten Entwurfsklasse [vgl. Der ELSNER 2006]²².

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Abgrenzung der einzelnen Straßennetzteile durch die kognitive Wirkung der Entwurfs-, Gestaltungs- und Ausstattungselemente erfolgen soll. Diese Vorgehensweise ist für die Bearbeitung der vorliegenden Aufgabenstellung nicht anwendbar, da im Rahmen dieser Arbeit mit vorhandenen Modellen gearbeitet wird, die die Implementierung von mathematisch eindeutig formulierbaren Abgrenzungskriterien erfordern.

Im nachfolgenden Kapitel wird deshalb ein Ansatz zur Abgrenzung der Straßennetzteile hergeleitet, der für diesen Zweck besser geeignet ist.

2.2 Ansatz zur Abgrenzung der Straßennetzteile

2.2.1 Umfang der Straßennetzteile

Wird davon ausgegangen, dass ein der räumlichen Bündelung dienendes Straßennetz maßgeblich die Funktion der Erschließung der Fläche übernimmt, können Straßen der Straßenkategorie A IV bis A VI diesem Straßennetz zugeordnet werden.

²¹ DER ELSNER (2006):
Die Entwurfsklasse bestimmt (zukünftig) die Grenz- und Richtwerte für die Entwurf- und Betriebselemente des jeweiligen Straßenzuges und übernimmt damit u.a. die Funktion der bisherigen Entwurfsgeschwindigkeit V_e .

²² *Alle neuen Richtlinien liegen jedoch erst in mehr oder weniger umfangreich veröffentlichten Entwürfen vor. Die bisherigen Aussagen beziehen sich somit nur auf die zur Verfügung stehende sekundäre Literatur oder auf Vorträge.*

Kategorien- gruppe		außerorts	innerhalb bebauter Gebiete			
		anbaufrei		angebaut		
		Verbindung			Erschließung	Aufenthalt
		A	B	C	D	E
großräumige Straßenverbindung	I	A I	B I	C I	D I	E I
überregionale/regionale Straßenverbindung	II	A II	B II	C II	D II	E II
zwischenkommunale Straßenverbindung	III	A III	B III	C III	D III	E III
flächenerschließende Straßenverbindung	IV	A IV	B IV	C IV	D IV	E IV
untergeordnete Straßenverbindung	V	A V	-	-	D V	E V
Wegeverbindung	VI	A VI	-	-	-	E VI

Abbildung 2.3: Straßenkategorien nach den [RAS-N FGSV 1988]

[Eigene Darstellung; in Anlehnung an die RAS-N 1988, Bild 4]

Von der verkehrlichen Bedeutung her repräsentiert dieser Anteil die nachgeordneten Teile des Straßennetzes. Er wird fortan als das „nachgeordnete Straßennetz (nStrN)“ bezeichnet.

Dem nachgeordneten Straßennetz werden innerhalb dieser Arbeit die Kreis- und Gemeindestraßen, dem übergeordneten Straßennetz die Bundes- und Landesstraßen zugeordnet. Die Bundesautobahnen repräsentieren das Hochleistungsnetz.

Länge der öffentlichen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften

Jahr	Hochleistungsnetz		übergeordnetes Straßennetz				nachgeordnetes Straßennetz					
	Bundesautobahnen		Bundesstraßen		Landesstraßen		Kreisstraßen		Gemeindestraßen		insgesamt	
[-]	[1000 km]	[%]	[1000 km]	[%]	[1000 km]	[%]	[1000 km]	[%]	[1000 km]	[%]	[1000 km]	[%]
2000	11,7	3,0%	41,3	10,5%	86,8	22,1%	91,0	23,2%	161,2	41,1%	392,0	100,0%

Summen: übergeordnetes Straßennetz 32,7% nachgeordnetes Straßennetz 64,3%

Tabelle 2.3: Länge der öffentlichen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften

[Eigene Darstellung; VERKEHR IN ZAHLEN 2003/2004]

Die oben stehende Tabelle zeigt, dass das zu betrachtende nachgeordnete Straßennetz im Jahr 2000 etwa 64 % des gesamten deutschen Straßennetzes umfasste.

2.2.2 Eingrenzung des nachgeordneten Straßennetzes

Trotz Ihrer Zugehörigkeit zu den Kategorien AIV bis AVI weisen einige Straßen so hohe Verkehrsbelastungen auf, dass sie ihrer Verkehrsfunktion nach auch dem übergeordnetem Straßennetz zugeordnet werden können. Als Kriterium zur Eingrenzung des nachgeordneten Straßennetzes wird daher die Gesamtverkehrsstärke q ²³ herangezogen, die aus dem DTV errechnet wird.

Hierbei wird bewusst in Kauf genommen, dass sich gerade bei geringen Gesamtverkehrsstärken, keine zusammenhängende Netze ergeben können. Damit können modellhaft die Auswirkungen der Anwendung von Ausbaustandards auf einzelne Straßenabschnitte gegenüber zusammenhängender Netzstrukturen beschrieben werden.

Die Gesamtverkehrsstärken für die verschiedenen Straßennetzteile können aus den zur Verfügung stehenden Statistiken nicht direkt entnommen werden, jedoch wurde in den Statistiken der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) in [Kfz/24h] dargestellt. Letztmalig wurde für 1990 der DTV für Kreisstraßen für die alten Bundesländer wie folgt angegeben:

Straßenbelastung DTV auf Kreisstraßen Für die Bundesrepublik Deutschland		
im Jahr 1990		
Durchschnittlich Täglicher Verkehr DTV [Kfz/24h]	Anteil am gesamten Kreisstraßennetz [%]	Summe [%]
0 bis 1000	45,9	
1000 bis 2000	28,1	
2000 bis 3000	12,3	86,3

Tabelle 2.4: DTV auf Kreisstraßen 1990
 [Eigene Darstellung, VERKEHR IN ZAHLEN (2003/2004)]

Bei einem DTV von maximal 3.000 [Kfz/24h] werden ca. 86 % der Kreisstraßen und wahrscheinlich ein mindestens ebenso hoher Anteil der Gemeindestraßen.

²³ HBS (FGSV 2001):
 Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrstromes in der Spitzenstunde an einem Querschnitt.

Die Umrechnung des DTV auf einen stündlichen Verkehrsstärkewert²⁴ erfolgt entsprechend dem **[HBS FGSV 2001]** unter Ansatz eines mittleren Umrechnungsfaktors von 0,10. Demnach entspricht ein DTV von 3.000 [Kfz/24h] einer Gesamtverkehrsstärke von $q = 300$ [Kfz/h] am Querschnitt.

Um herauszufinden, inwieweit wirtschaftliche Bewertungen von unterschiedlichen Gesamtverkehrsstärken und Netzstrukturen abhängen, werden im weiteren Verlauf der Arbeit nachgeordnete Straßennetze mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$, $q \leq 200$ und $q \leq 300$ [Kfz/h] untersucht. Die Strecken, die eine Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$ [Kfz/h] aufweisen, werden als „Hunderternetz“ (N100) bezeichnet, Strecken mit $q \leq 200$ [Kfz/h] als „Zweihunderternetz“ (N200) und die mit $q \leq 300$ [Kfz/h] als „Dreihunderternetz“ (N300).

2.3 Straßenoberbau

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Festlegungen kann die Gewichtsbelastung der Straßen des nachgeordneten Straßennetzes begrenzt werden (Tonnagebegrenzung), wobei die Erreichbarkeit von Gemeinden zu gewährleisten ist. Da mit einer Tonnagebegrenzung die Mächtigkeit des Straßenoberbaus reduziert werden kann, ist eine Kostenreduktion bei den Baukosten möglich. Der Einfluss einer solchen Kostenreduktion auf die erarbeiteten Ergebnisse wird über eine abschließende Sensitivitätsanalyse dargestellt.

2.4 Zukünftiger Regelquerschnitt für das nachgeordnete Straßennetz

Nach der neuen Richtlinie für die Anlage von Landstraßen sollen innerhalb von Straßennetzteilen, entsprechenden ihrer funktionalen Bedeutung, nur noch ein, maximal zwei Regelquerschnitte Anwendung finden. Für die Entwurfsklasse IV, die das nachgeordnete Straßennetz repräsentiert, wird hierzu der Regelquerschnitt RQ 9 angegeben. Diese Festlegung ergibt sich aus der Bedingung, dass der nächst größere RQ 11 für einen DTV von über 5.000 [Kfz/24h] gebräuchlich ist [Der ELSNER 2006].

²⁴ Nachfolgend im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Gesamtverkehrsstärke bezeichnet.

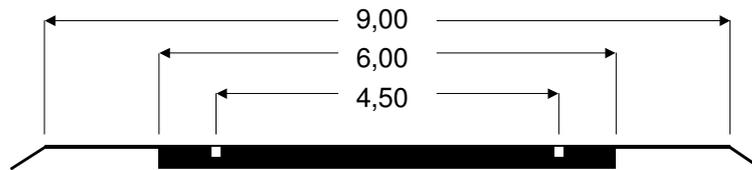


Abbildung 2.4: Zukünftiger Regelquerschnitt RQ 9
[DER ELSENR (2006), Entwurf Stand 2005]

Da innerhalb dieser Arbeit das nachgeordnete Straßennetz über die Bedingung $DTV \leq 3000$ [Kfz/24h] festgelegt wurde, kann der RQ 9 als zukünftiger Ausbaustandard für das nachgeordnete Straßennetz angenommen werden.

3 Wirtschaftliches Bewertungsverfahren

3.1 Wahl des Bewertungsverfahrens

Für wirtschaftliche Untersuchungen von Straßennetzen bieten sich als Beurteilungs- und Entscheidungshilfungsverfahren die Nutzen-Kosten-Untersuchungen an. In Deutschland werden die Nutzwertanalyse (NWA), die Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA) und die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) angewendet. Sowohl die Nutzwertanalyse als auch die Kostenwirksamkeitsanalyse haben nach Einschätzung des Autors den Nachteil, dass bei der Ermittlung des Nutzwertes eine subjektive Gewichtung von Zielkriterien vorgenommen werden muss. Um diese subjektiven Präferenzen auszuschließen wird nachfolgend die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) angewendet, die grundsätzlich die Monetarisierung der Kosten und der Nutzen als einheitlichen Bewertungsmaßstab vorsieht.

Als KNA haben sich in Deutschland die wirtschaftlichen Bewertungsmethodiken des Bundesverkehrswegeplanes **[BVWP 2003]** und der Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen **[EWS FGSV 1997]** etabliert. Der aktuelle **[BVWP 2003]** ist jedoch nicht vollständig belegt. Die tatsächlich verwendeten Kostensätze sind in der Veröffentlichung des **[BVWP 2003]** nicht enthalten. Demgegenüber sind in den **[EWS FGSV 1997]** sowohl die Kostensätze als auch das anzuwendende Verfahren vollständig dokumentiert. Weiterhin sind die Ansätze der **[EWS FGSV 1997]** auch für kleinräumige Betrachtungen geeignet, während sich die Methodik des **BVWP** eher für überregionale Untersuchungen eignet. Aus diesem Grund werden für die weitere Bearbeitung die Ansätze der **[EWS FGSV 1997]** herangezogen.

Dabei ist es dem Autor wohl bewusst, dass diese Ansätze einer Aktualisierung bedürfen. Eigene Grundlagen zu entwickeln würden jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen, zumal die Ansätze der **[EWS FGSV 1997]** eine innere Konsistenz aufweisen, die bei der Entwicklung eigener Grundlagen erst nachgewiesen werden müssten.

3.2 Herleitung der zu untersuchenden verkehrlichen Variablen

3.2.1 Begriffsbestimmungen

Nach den [EWS FGSV 1997] werden die Kosten für den Betreiber einer Straße unterschieden in *Investitionskosten* und *laufende Kosten*. Werden die Investitionskosten und die laufenden Kosten auf ein Jahr bezogen so werden diese als *jährliche Baukosten* bezeichnet.

Die [EWS FGSV 1997] definieren weiterhin: „Alle Maßnahmewirkungen, die nicht in den ... (Investitions- und laufenden Kosten) ... enthalten sind, werden als „Nutzen“ bezeichnet. Beim Vergleich der Wirkungen einer Maßnahme gegenüber dem Vergleichsfall können Nutzen positiv (als Gewinne) und negativ (als Verluste) auftreten.“

3.2.2 Jährliche Baukosten

Investitionskosten sind „Kosten für die Herstellung oder Erneuerung der Straße und für Ausgleichsmaßnahmen [vgl. EWS FGSV 1997]“. Sie sind zunächst grundsätzlich abhängig von der gewählten Linienführung und den verwendeten Regelquerschnitten. Wie bereits erläutert soll zukünftig innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes nur noch ein Regelquerschnitt Anwendung finden. Damit beschränken sich mögliche Unterschiede in den Investitionskosten auf den Bereich der Linienführung. Unterschiede in der Linienführung bedingen wiederum eine unterschiedliche Anpassung an die vorhandene Topographie. Daraus leiten sich die Länge der Verbindungslinie und Anzahl und Umfang der notwendigen Kunstbauwerke (z.B. die Anzahl und Länge von Brücken oder Stützwänden) ab. Die Höhe der Investitionskosten ist somit von den verwendeten Trassierungsparametern (unter Berücksichtigung der vorhandenen Topographie) abhängig und diese wiederum, im Rahmen der vorliegenden Arbeit, von der Vorgabe einer Ausbaugeschwindigkeit, die auf dem betrachteten Straßennetzteilen gefahren werden sollte.

Über die laufenden Kosten werden „die Maßnahmen zum Unterhalt von Straßen“ erfasst.

	Begriffssystematik	Maßnahmen	Maßnahmenbeispiele
laufende Kosten	Betriebliche Unterhaltung	Wartung	Bankettschneiden, Straßenreinigung, Winterdienst
	Bauliche Erhaltung	Bauliche Unterhaltung (örtlich-punktueller, kleinflächige Maßnahmen)	Vergießen von Rissen, kleinflächige Flickarbeiten
		Instandsetzung (großflächige Maßnahmen)	Oberflächenbehandlung, Dünnschichtbelag, Hoch- und Tiefbau der Deckschicht
		Erneuerung (großflächige Maßnahmen)	Hoch- und Tiefbau der Decke, Neubau der Tragschicht und des Oberbaus
Investitions- kosten	Um- und Ausbau	Über bauliche Erhaltung hinausgehende Veränderungen, keine Kapazitätserweiterung	Anbau von Standstreifen, Verbreiterungen, Anpassung Lage- und Höhenplan
	Erweiterung	Erhöhung der Kapazität vorhandener Straßen	Anbau eines Fahrstreifens
	Neubau	Erstmalige Herstellung einer Straße	

Tabelle 3.1: Begriffssystematik des Straßenbaus und der Straßenerhaltung
 [Eigene Darstellung; in Anlehnung an STEINAUER 1998 Abb. SM-1]

Die laufenden Kosten werden in den [EWS FGSV 1997] als konstante Kosten je Kilometer und Jahr in Abhängigkeit vom eingesetzten Regelquerschnitt angegeben. Da im nachgeordneten Straßennetz der Regelquerschnitt zukünftig nicht variiert wird, liegt eine Abhängigkeit der laufenden Kosten von verkehrlichen Variablen nicht vor.

Die jährlichen Baukosten von Straßen des nachgeordneten Netzes hängen im Rahmen dieser Arbeit also nur von der Ausbaugeschwindigkeit ab.

3.2.3 Nutzerkosten

Als Nutzenkomponenten werden in den [EWS FGSV 1997] die Veränderungen der Betriebskosten, der Fahrzeiten, des Unfallgeschehens, der Lärmbelastung, der Schadstoffbelastung, der Klimabelastung, der Trennwirkung von Straßen, der Flächenverfügbarkeit in bebauten Gebieten und weitere, im Individualfall anfallende Nutzenkomponenten (die aus lokalen Gegebenheiten zu berücksichtigen sind) angegeben.

Die aufgeführten Nutzenkomponenten haben einen unterschiedlichen Einfluss auf den verkehrswirtschaftlichen Gesamtnutzen. Die Größenordnung des Einflusses ist weiterhin von dem betrachteten Untersuchungskollektiv abhängig.

Nach den [EWS FGSV 1997] wird „bei der Bewertung der Veränderung der Umweltbelastung durch Lärm ... von der Störwirkung der verkehrsbedingten Schallimmissionen und den davon betroffenen Personen ausgegangen.“ Bei dem vorab definierten

nachgeordneten Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften mit seinen geringen Verkehrsstärken und der per Definition (anbaufreie Lage) geringen Anzahl von Betroffenen wird diese Nutzenkomponente gegenüber einem betrachteten Untersuchungskollektiv das innerhalb von Ballungsräumen liegt einen weitaus geringeren Einfluss auf den Gesamtnutzen haben.

Für den Ausbauplan der Staatsstraßen in Sachsen wird der Einfluss der einzelnen Nutzenkomponenten am Gesamtnutzen in den **[EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002]** wie folgt angegeben:

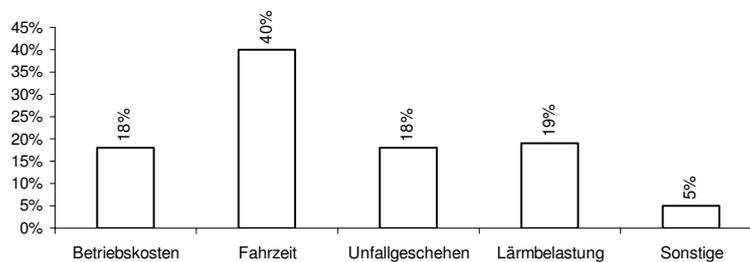


Abbildung 3.1: Anteil der Nutzenkomponenten am verkehrswirtschaftlichen Gesamtnutzen (Beispiel aus einem Anwendungsfall)

[Eigene Darstellung; in Anlehnung an EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002]

Zur Interpretation der dargestellten Anteile ist folgendes zu berücksichtigen:

- Bewertet wurden 169 vorgesehene Neubaumaßnahmen.
- Bei den Neubaumaßnahmen handelt es sich überwiegend um Ortsumgehungen.

Damit erklärt sich der in Abbildung 3.1 dargestellte hohe Anteil der Nutzenkomponente Lärmbelastung.

Für die vorliegende Arbeit werden folgende Festlegungen getroffen:

- Die Nutzenkomponente Lärmbelastung wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt, weil gegenüber dem Ausbauplan von Sachsen ein vorhandenes nachgeordnetes Straßennetz betrachtet wird (und nicht neugeplante Ortsumfahrungen) und sich die Anzahl der Betroffenen in einem Vorher- und Nach-

hervergleich nicht grundsätzlich ändern wird. Der angegebene Anteil von 20 Prozent am Gesamtnutzen wird sich somit stark reduzieren.

- Die Nutzenkomponente „Sonstige“ ist nicht allgemeingültig monetär zu bewerten. Sie wird deshalb aus pragmatischen Gründen nicht weiter berücksichtigt. Bei einem nur ca. 5 % Anteil am Gesamtnutzen wird davon ausgegangen, dass diese Festlegung nicht zu einer Verzerrung der nachfolgend erarbeiteten Ergebnisse führt.

Somit kann über die Nutzenkomponenten *Veränderung der Betriebskosten*, *Veränderung der Fahrzeiten* und *Veränderung des Unfallgeschehens* die Veränderung des Gesamtnutzens repräsentativ beschrieben werden.

Die Berechnungsvariablen nach den [EWS FGSV 1997] für diese Hauptnutzenkomponenten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Betriebskosten $BK_{a,Netz}$	[€/a]	Betriebskostengrundwert	BGW	[€/(100Kfz km)]
		Kraftstoffkostensatz	BK	[€/kg]
Zeitkosten $TK_{a,Netz}$	[€/a]	Zeitkostensatz	WT	[€/(Kfz*h)]
Unfallkosten $UK_{a,Netz}$	[€/a]	Unfallkostendichte	UKD	[€/(1000km*a)]
		Unfallkostenrate	UKR	[€/(1000Kfz km)]

Tabelle 3.2: Zusammenhang von Hauptnutzenkomponenten und Berechnungsvariablen nach den [EWS FGSV 1997]
 [Eigene Darstellung]

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass Veränderungen der Zeitkosten von der Veränderung der Fahrzeit (FZ in [Kfz h]), die der Betriebs- und Unfallkosten von der Veränderungen der Fahrleistung (FL in [Kfz km]) abhängig sind.

Die Variablen *Fahrzeit* und *Fahrleistung* entsprechen somit den verkehrlichen Variablen, für die über die Festlegung unterschiedlicher Ausbaugeschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz *Veränderungen der Nutzerkosten* nachgewiesen werden müssen.

3.3 Methodischer Ansatz zur Quantifizierung der verkehrlichen Variablen

Unterschiedliche Ausbaugeschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz ändern die Fahrzeiten und Fahrleistungen im gesamten Straßennetz. Die unten stehende Abbildung verdeutlicht diesen Zusammenhang.

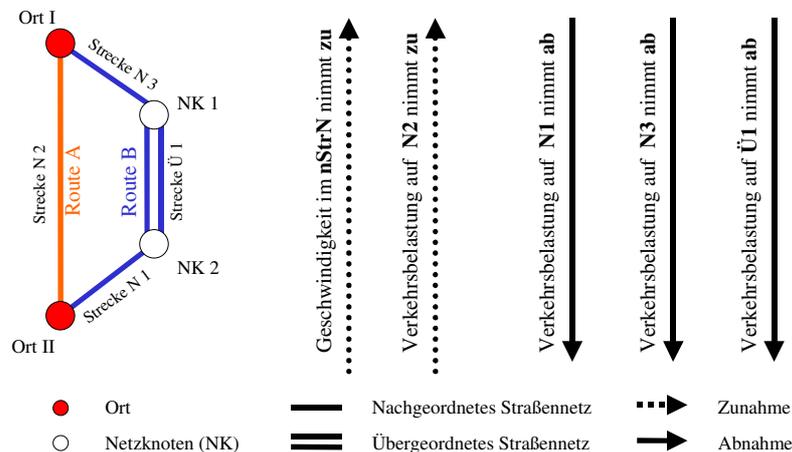


Abbildung 3.2: Zusammenhang zwischen Ausbaugeschwindigkeit und Verkehrsstärke
 [Eigene Darstellung]

Bei einer Veränderung der Ausbaugeschwindigkeit gilt gegenüber dem Ist-Zustand für Fahrten von Ort I nach Ort II:

- Je höher die Ausbaugeschwindigkeit innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes ist, desto mehr Verkehr wird über Route A abgewickelt und desto weniger Verkehr über Route B, d.h. die Summe der Fahrleistungen in den verschiedenen Straßennetzteilen verändert sich.
- Die Summe der Verlagerung von Fahrleistungen aus dem übergeordneten in das nachgeordnete Straßennetz (oder umgekehrt) lässt sich jedoch nicht pauschal ermitteln.
- Aus der Summe der Verlagerung von Fahrleistungen kann die Verkehrszunahme für ein einzelnes Netzelement eines betrachteten Straßennetzteils nicht abgeleitet werden.
- Gleiches gilt für die Fahrzeiten.

D.h. verschiedene Netzelemente und Routen diverser Quell-, Ziel-Beziehungen beeinflussen sich gegenseitig. Um eine Veränderung der Fahrzeit und der Fahrleistung

innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes in Abhängigkeit von der Ausbaugeschwindigkeit zu quantifizieren, reicht es deshalb nicht aus, Einzelstrecken zu untersuchen, vielmehr müssen zusammenhängende Netzstrukturen erfasst werden. Dazu bietet sich das Instrument der Verkehrsumlegung an. Innerhalb eines ausgewählten Untersuchungsgebietes wird deshalb dieses Instrumentarium angewendet.

4 Auswahl des Untersuchungsgebietes

4.1 Grundlegende Betrachtung

Betrachtet man innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes einen vorhandenen Straßenabschnitt zwischen Ort I und dem Ort II, so wird im topographisch unbewegten, d.h. im „flachen“ Gelände, die vorhandene Linienführung eher *gestreckt* sein. Es ist zu erwarten, dass hohe Ausbaugeschwindigkeiten auf diesen Straßennetzteilen aufgrund der vorhandenen gestreckten Linienführung überwiegend erreicht werden können. Eine Abhängigkeit zukünftiger Investitionskosten von der Ausbaugeschwindigkeit ist kaum gegeben. Für eine wirtschaftliche Betrachtung eignen sich diese nachgeordneten Straßennetze somit nicht.

In topographisch sehr bewegtem, d.h. im „bergigen“ Gelände, in welchem z.B. auch Serpentinafen gebaut werden müssen, ist die vorhandene Linienführung dagegen sehr *kurvig*. Hohe Ausbaugeschwindigkeiten führen innerhalb dieser Straßennetzteile wahrscheinlich zu grundlegenden Änderungen in der Linienführung und damit zu veränderten Investitionskosten. Es kann jedoch abgeschätzt werden, dass diese Straßennetzteile nur zu einem sehr geringen Teil innerhalb der Regionen liegen, die von dem Bevölkerungsrückgang betroffen sein werden (siehe auch Abbildung 1.1).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist somit ein Untersuchungsgebiet zu wählen, dessen Straßennetz insgesamt weder eine *eher gestreckte* noch eine *sehr kurvige* Linienführung ausweist. Ein entsprechendes Auswahlkriterium wird nachfolgend hergeleitet.

4.2 Bestimmung eines Auswahlkriteriums

4.2.1 Vorüberlegungen

Aus den begründeten Erläuterungen ergeben sich für das Auswahlkriterium folgende Anforderungen:

- Mit dem Auswahlkriterium muss der Bezug zur vorhandenen Topographie gegeben sein und
- die bisher nur verbal beschriebenen Begriffe *eher gestreckt* und *sehr kurvig* müssen eindeutig definiert werden.

Der Literatur kann ein solches Auswahlkriterium nicht entnommen werden. Es wird deshalb der Ansatz der Kurvigkeit, der in den **[RAL-L-1 FGSV 1973]**²⁵ erstmals²⁶ erwähnt wird, weiterentwickelt.

$$KU = \frac{\sum_{i=1}^n |\gamma_i|}{L} \quad (1)$$

Mit:	KU	[gon/km]	Kurvigkeit eines Landstraßenabschnitts
	$ \gamma_i $	[gon]	Betrag der Winkeländerung im Lageplan innerhalb des Teilabschnitts i
	L	[km]	Länge des Landstraßenabschnitts
	n	[-]	Anzahl der Teilabschnitte innerhalb des Straßenabschnitts

²⁵ Mit der [RAL-L-1 FGSV 1973] wurden weitere bedeutende Veränderungen eingeführt. Die Entwurfsgeschwindigkeit wurde nun in Abhängigkeit von der Verkehrsbedeutung der Straße unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit bestimmt, wobei sich die Verkehrsbedeutung der Straße aus der vorgesehenen Netzfunktion und der zu erzielenden Verkehrsqualität ergibt. Beides waren neue Ansätze. Weiterhin wurde der Übergang von der „entwurfsgeschwindigkeitsorientierten Grenzwerttrassierung zur Relationstrassierung vollzogen, d.h. Radiensprünge bei aufeinanderfolgender Kurven waren nur noch in bestimmten Grenzen zulässig“ [vgl. Beitrag SCHNÜLL R. in **50 Jahre Straßenwesen FGSV 2001**].

²⁶ [WIRTH 2000] stellt fest, dass bereits in der [RAL 1937] die Topographie bei der Wahl der neu eingeführten Ausbaugeschwindigkeit eine Rolle spielt. Und zwar in der Form, dass „für einen bestimmten Straßenzug (die Ausbaugeschwindigkeit) möglichst gleichmäßig gewählt werden (sollte)“ wobei eine topographieabhängige Varianz „in mäßigen Grenzen“ ausdrücklich zugelassen war. Weiterhin legt die [RAL 1937] für „die Linienführung im Aufriß“ fest, dass sich „die anzuwendenden Längsneigungen ... aus dem Gelände ergeben“ wobei „Anhaltspunkte für die Höchstneigung bei (einer) gewählten Ausbaugeschwindigkeit“ vorgegeben wurden. Über den Einfluss der Ausbaugeschwindigkeit wurde schon 1937 Mindesttrassierungsparameter wie z.B. Radien, Klothoiden, Kuppen- und Wannenhalmesser bestimmt werden. Die [RAL-L FGSV 1959 (Entwurf)] legt fest, dass die nunmehr eingeführte Entwurfsgeschwindigkeit „nach dem Schwierigkeitsgrad des Geländes und des Straßenzuges ausgewählt“ werden sollte. Die Festlegung dieses Schwierigkeitsgrades erfolgte nicht nur über die Beschreibung der Topographie (flaches Gelände oder Hügelland, stärker bewegtes Hügel- und Bergland, Mittelgebirge mit ungünstigen Geländebeziehungen, Hochgebirge), sondern auch andere Zwangspunkte wie z.B. der Grad der Behinderung durch die Bebauung, durch andere Verkehrsanlagen oder durch Wasserläufe waren zu berücksichtigen. In den vorab genannten Richtlinien werden die verbalen Beschreibungen aber nicht weiter ausgeführt. Die Einschätzung der Anwendungsgrenzen sollte durch den Anwender erfolgen.

Anmerkung: Die Definition der Kurvigkeit hat sich im Laufe der Zeit nicht verändert. Die aufgeführte Bestimmungsgleichung der Kurvigkeit wurde dem **[HBS FGSV 2001]** entnommen. Damit werden die aktuell gebräuchlichen Formelzeichen wiedergegeben.

Die Kurvigkeit ist jedoch nur bedingt geeignet, um auf die Topographie im Umfeld einer Straße zu schließen. Die untenstehende Abbildung verdeutlicht das (rein schematische Darstellung).

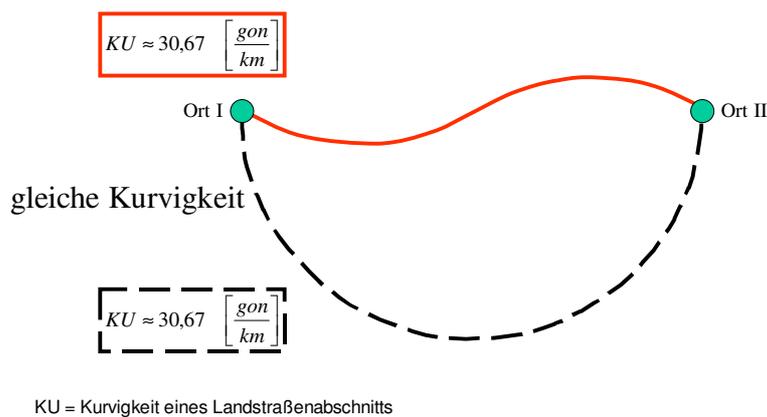


Abbildung 4.1: Beispieldarstellung: Unterschiedliche Trassierung, gleiche Kurvigkeit
[Eigene Darstellung]

Beide Beispieltrassen weisen eine Kurvigkeit von ca. 30,67 [gon/km] auf. Welche der Trassen liegt nun im flachen oder im hügeligen Gelände? Es ist ersichtlich, dass über die Kurvigkeit allein der Bezug zur vorhandenen Topographie nicht hergestellt werden kann.

4.2.2 Erweiterter Kurvigkeitsansatz

Es wird an dieser Stelle davon ausgegangen, dass nachgeordnete Straßennetze in der Vergangenheit insofern kostenoptimal gebaut wurden, dass die vorhandene Topographie beim Bau von Straßen größtmögliche Berücksichtigung fand. In der Ebene war die Gerade dominierendes Trassierungselement, in bewegter Topographie wurde sich dem vorhandenen Geländeverlauf weitestgehend angepasst. Zwischen zwei Orten wird somit die tatsächliche Straßenlänge in der Ebene kürzer sein als im hügeligen Gelände und diese wiederum kürzer als im bergigen Gelände. Die eine Straße ist gestreckter, der Betrag der Winkeländerungen ist kleiner. Im Extremfall wird der

Betrag der Winkeländerung gleich Null, die tatsächliche Trassenlänge entspricht der Luftlinienentfernung. Die andere Straße ist kurviger, d.h. der Betrag der Winkeländerungen ist größer²⁷.

Zur Beschreibung der Linienführung zwischen zwei gegebenen Orten in Abhängigkeit der Topographie kann somit das Verhältnis des Betrages der Winkeländerung zu der Luftlinienentfernung herangezogen werden. Bezeichnet man dieses Verhältnis als Streckmaß (SM), so kann der Zusammenhang zwischen der Winkeländerung und dem Streckmaß wie folgt hergeleitet werden:

$$SM = \frac{\sum_{i=1}^n |\gamma_i|}{L_{Luft}} \quad (2)$$

Mit:	SM	[gon/km]	Streckmaß eines Landstraßenabschnitts
	$ \gamma_i $	[gon]	Betrag der Winkeländerung im Lageplan innerhalb des Teilabschnitts i
	L_{Luft}	[km]	Luftlinienentfernung zwischen Ort I und Ort II

Gleichung (2) in (1) eingesetzt stellt den Zusammenhang zwischen dem Streckmaß und der Kurvigkeit her.

$$SM = KU \frac{L}{L_{Luft}} \quad (3)$$

Mit:	SM	[gon/km]	Streckmaß eines Landstraßenabschnitts
	KU	[gon/km]	Kurvigkeit eines Landstraßenabschnitts
	L	[km]	Länge des Landstraßenabschnitts
	L_{Luft}	[km]	Luftlinienentfernung zwischen Ort I und Ort II

Anhand der nachfolgenden Darstellung wird die Aussage der Gleichung (3) verdeutlicht.

²⁷ Im Einzelfall, z.B. wenn eine Straße einem gestreckten Tal folgt, wird diese Feststellung weniger gültig sein. Betrachtet man jedoch zusammenhängende Straßennetze, so wird davon ausgegangen, dass sich diese Einzelfälle ausgleichen.

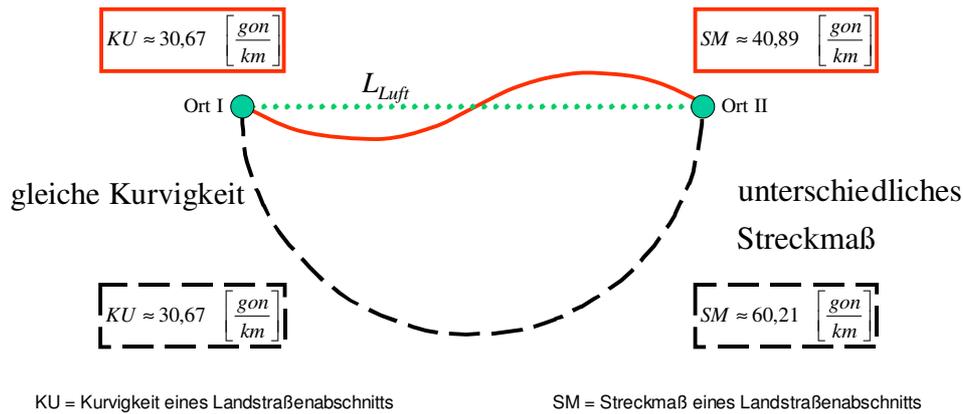


Abbildung 4.2: Beispieldarstellung: Unterschiedliche Trassierung, gleiche Kurvigkeit und unterschiedliches Streckmaß (rein schematische Darstellung)

[Eigene Darstellung]

Je kleiner das Streckmaß ist, desto mehr gleicht sich die Trassierung an die Luftlinienentfernung an. Ein kleines Streckmaß bedeutet demnach, dass der betrachtete Straßenabschnitt in der Ebene liegt. Mit Anwachsen des Streckmaßes wird das Gelände hügeliger, bergiger usw.. Die Beziehung zwischen der Luftlinienentfernung (L_{Luft}), der tatsächlichen Trassenlänge (L) und der Winkeländerung kann, unter Berücksichtigung gleicher Anfangs- bzw. Endtangentialen, mit dem folgenden abstrahiertem Modellansatz genauer erklärt werden.

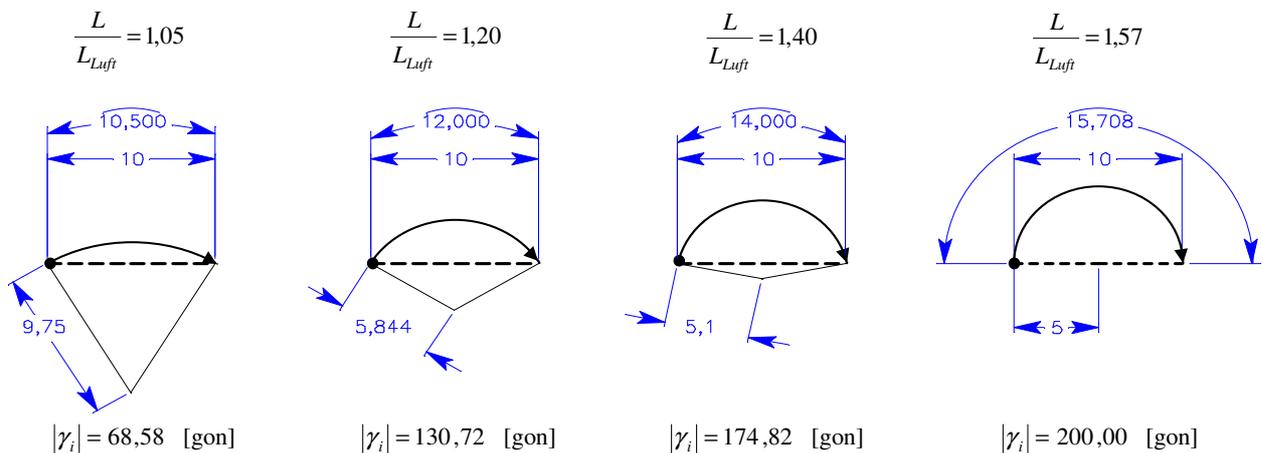


Abbildung 4.3: Modelldarstellung Zusammenhang zw. L/L_{Luft} und Kurvigkeit (Modell bis $L / L_{Luft} < (\pi/2)$)

[Eigene Darstellung]

Aus dem Modell lässt sich ableiten, dass sich bis $L / L_{Luft} < (\pi/2) \approx 1,57$ für jedes Verhältnis L / L_{Luft} zugehörige Winkeländerungen angeben lassen. Wird $L / L_{Luft} \geq (\pi/2)$,

so kann jede Trasse als „rechteckige“ Verbindung mit einer Winkeländerung von 200 [gon] gebaut werden. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen L / L_{Luft} und der Winkeländerung kann nicht mehr angegeben werden.

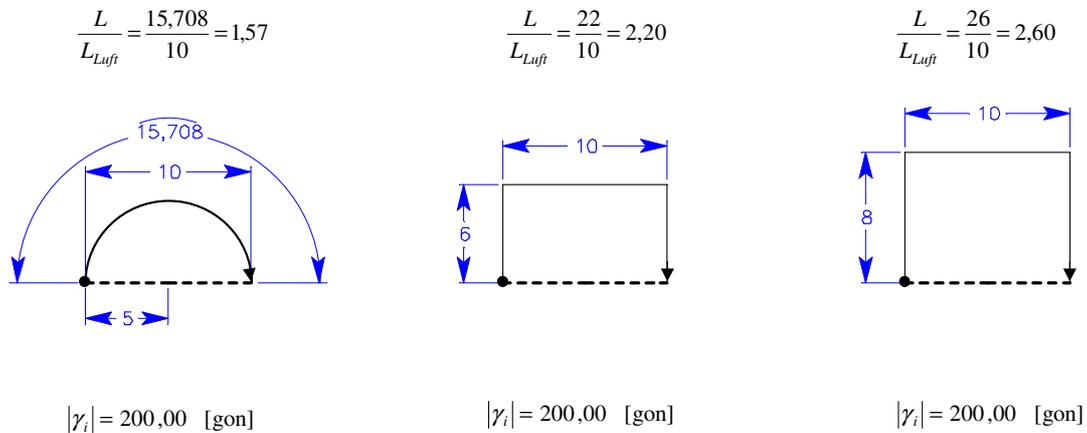


Abbildung 4.4: Modelldarstellung Zusammenhang zw. L/L_{Luft} und Kurvigkeit (Modell bis $L / L_{Luft} \geq (\pi/2)$)
 [Eigene Darstellung]

Für das Untersuchungsgebiet ist also der Nachweis zu erbringen, dass für die überwiegende Anzahl der vorhandenen Strecken die Bedingung $L / L_{Luft} < 1,57$ gilt.

Da für jede vorhandene Straße die Kurvigkeit, die Luftlinien- und die tatsächliche Entfernung aus topographischen Karten ermittelt werden kann, ist die Berechnung des Streckmaßes für alle vorhandenen Straßen möglich.

Über das Festlegen von Ober- bzw. Untergrenzen kann ein Untersuchungsgebiet derart ausgesucht werden, dass die hergeleiteten Anforderungen, *eher nicht gestreckt* und nicht *sehr kurvig* zu sein, erfüllt werden können.

Bestimmung der Ober- bzw. Untergrenzen für das Streckmaß:

Das Streckmaß hängt über den Proportionalitätsfaktor L / L_{Luft} direkt von der Kurvigkeit ab (vgl. Gleichung (3)). Über die Bezüge der Gesamtverkehrsstärke-Geschwindigkeit-Beziehungen (q-V-Beziehungen) des [HBS FGSV 2001] lassen sich, in Abhängigkeit von der Kurvigkeit, den verschiedenen nachgeordneten Stra-

Bennetzen mittlere Pkw-Geschwindigkeiten²⁸ zuordnen. Für die weitere Bearbeitung wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Im [HBS FGSV 2001] werden mittlere Pkw-Geschwindigkeiten für Kurvigkeitsbereiche²⁹ angegeben. Aus dem Studium der Literatur zum [HBS FGSV 2001] konnte keine feinere Zuordnung ermittelt werden. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die aus den Graphen des [HBS FGSV 2001] abgelesenen mittleren Pkw-Geschwindigkeiten dem Mittelwert des jeweiligen Kurvigkeitsbereiches zugeordnet werden können.
- Der Einfluss des Schwerverkehrs auf den Verkehrsablauf innerhalb der dem nachgeordneten Straßennetz zuzuordnenden Straßen wird als gering eingeschätzt. Er wird deshalb vernachlässigt. Damit ist die mittlere Pkw-Geschwindigkeit innerhalb eines Kurvigkeitsbereiches nur noch von der Gesamtverkehrsstärke abhängig. Das [HBS FGSV 2001] berücksichtigt dies, indem die Steigungsklasse³⁰ in diesem Fall nicht in die angegebenen q-V-Kurven mit eingeht. Die mittlere Pkw-Geschwindigkeit wird nur noch in Abhängigkeit von den Kurvigkeitsbereichen differenziert.
- Die mittlere Pkw-Geschwindigkeit je Kurvigkeitsbereich wird im [HBS FGSV 2001] in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke q angegeben. Innerhalb z.B. des Kurvigkeitsbereiches 75-150 [gon/km] ergibt sich für eine Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$ [Kfz/h] eine mittlere Pkw-Geschwindigkeit von $V_R = 77$ [km/h], für $q \leq 200$ [Kfz/h] eine von $V_R = 74$ [km/h] und für $q \leq 300$ [Kfz/h] wird eine mittlere Pkw-Geschwindigkeit von $V_R = 72$ [km/h] angegeben.

²⁸ Unter dem Begriff der mittleren Pkw-Geschwindigkeit versteht das [HBS FGSV 2001] die mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw V_R in [km/h].

²⁹ Es gibt die folgenden vier Kurvigkeitsbereiche: 0-75, 75-150, 150-225 und größer 225 [gon/km].

³⁰ [HBS FGSV 2001]:
Kategorie zur Beschreibung der Längsneigungsverhältnisse einer Straße.

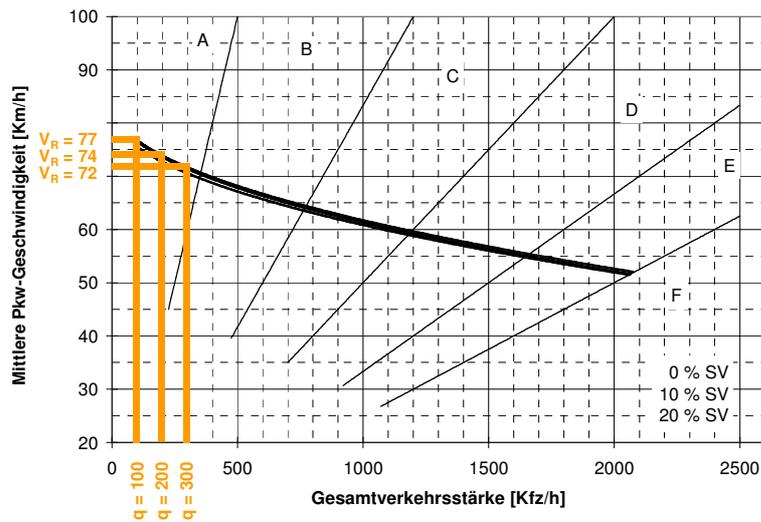


Abbildung 4.5: q-V-Beziehungen nach dem [HBS FGSV 2001]

[Eigene Darstellung; Grafik aus HBS FGSV 2001]

Anmerkung: Auf den nachgeordneten Straßennetzen sind auch geringere als die in der obigen Abbildung 4.5 dargestellten Verkehrsstärken möglich. Dies bedeutet, dass die aus dem [HBS FGSV 2001] ermittelten mittleren Pkw-Geschwindigkeiten als minimale Geschwindigkeiten, die auf diesen Straßennetzteilen erreicht werden können, zu verstehen sind.

- Das nachgeordnete Straßennetz ist über die maximale Gesamtverkehrsstärke definiert. Somit ergibt sich für jeden betrachteten nachgeordneten Straßennetzteil eine andere mittlere Pkw-Geschwindigkeit innerhalb eines Kurvigkeitsbereiches. Da jedoch für *alle* nachgeordneten Straßennetzteile eine einheitliche Ober- bzw. Untergrenze des Streckmaßes angegeben werden soll und in die Berechnung des Streckmaßes nach Gleichung (3) der Kurvigkeitsbereich eingeht, ist das Streckmaß für einen Geschwindigkeitsbereich gültig. Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht dies.

nachgeordnetes Straßennetz nStrN [-]	maximale Gesamtverkehrs- stärke q _{max} [Kfz/h]	Kurvigkeit		mittlere Pkw- Geschwindigkeit V _R [km/h]	Berechnung Streckmaß SM [gon/km]	gültig für den Geschwindigkeits- bereich im nStrN V _R [km/h]
		Bereich [gon/km]	mittlere KU [gon/km]			
N100 N200 N300	100 200 300	> 225	225,0	65,0 62,0 60,0	225,0 * (L / L _{Luft})	von 65,0 bis 60,0
N100 N200 N300	100 200 300	150 - 225	187,5	69,0 66,0 64,0	187,5 * (L / L _{Luft})	von 69,0 bis 64,0
N100 N200 N300	100 200 300	75 - 150	112,5	77,0 74,0 72,0	112,5 * (L / L _{Luft})	von 77,0 bis 72,0
N100 N200 N300	100 200 300	0 - 75	37,5	98,0 95,0 93,0	37,5 * (L / L _{Luft})	von 98,0 bis 93,0

Tabelle 4.1: Zusammenhang Kurvigkeitsbereich, Streckmaß und Geschwindigkeitsbereich
 [Eigene Darstellung]

- Über die Veränderung des Proportionalitätsfaktors L / L_{Luft} können die zugehörigen Streckmaße errechnet werden. Die Ergebnisse der Berechnung sind in der nachfolgenden Abbildung für $1,05 \leq L / L_{Luft} \leq 1,57$ dargestellt.

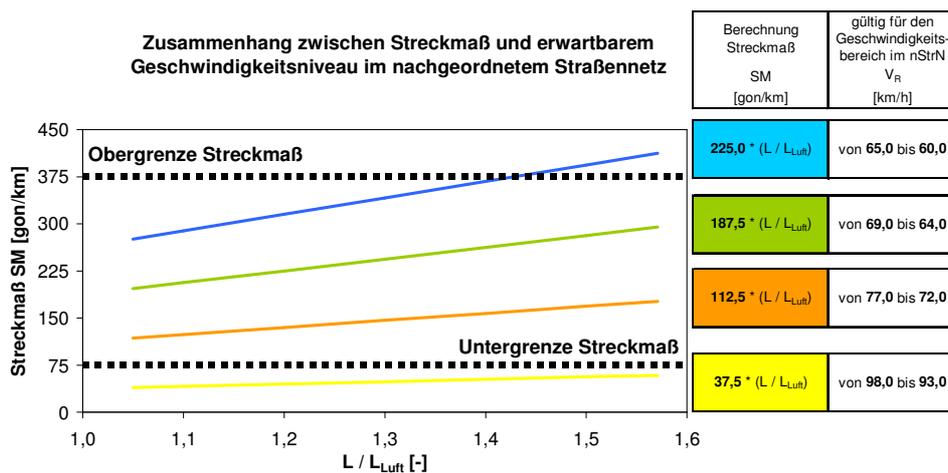


Abbildung 4.6: Beziehung Geschwindigkeit und Streckmaß
 [Eigene Darstellung]

Der obenstehenden Abbildung ist zu entnehmen, dass innerhalb der nachgeordneten Straßennetze bei einem Streckmaß bis $SM < 75$ [gon/km] ein Geschwindigkeitsniveau von etwa 90 [km/h] und höher erwartet werden kann. Bei diesem Geschwindigkeitsniveau wird sich eine Abhängigkeit der Investitionskosten von den verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten aufgrund der vorhandenen *gestreckten* Linienführung nur schwer nachweisen lassen. Ab einem Streckmaß von ca. $SM > 375$ [gon/km] kann dagegen ein Geschwindigkeitsniveau von 60 [km/h] und weniger erwartet werden. Es liegt eine sehr *kurvige* Linienführung vor. Ver-

änderungen der Ausbaugeschwindigkeiten in diesen betroffenen Straßennetzteilen führen zu Änderungen in der Linienführung.

Das zu wählende Untersuchungsgebiet sollte also einen großen Anteil von Straßen mit einem Streckmaß zwischen $75 < SM < 375$ [gon/km] aufweisen.

4.3 Größe des Untersuchungsgebietes

Um Verlagerungseffekte modellhaft abbilden zu können und um der neuen raumordnungspolitischen Zielstellung der räumlichen Bündelung auf einen Ort hin Rechnung tragen zu können, muss ein Untersuchungsgebiet für das hier vorliegende Untersuchungsziel eine gewisse Mindestgröße haben. Als Notwendig wird aus Erfahrung eine Größe zwischen ca. 1000 [km²] bis 1500 [km²] angesehen. Gebiete dieser Größe umfassen in Deutschland meist eine Stadt als zentralen Punkt. So werden auch Stadt-Umland-Beziehungen ausreichend genau abgebildet.

5 Auswahl des Untersuchungsgebietes

Als Untersuchungsgebiet wurde der Raum Ostthüringen gewählt. Diese Entscheidung fiel zum einen aus pragmatischen Gründen (Ortsnähe), zum anderen entspricht dieses Gebiet den hergeleiteten Anforderungen. Das Untersuchungsgebiet ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es umfasst ca. 1400 [km²].

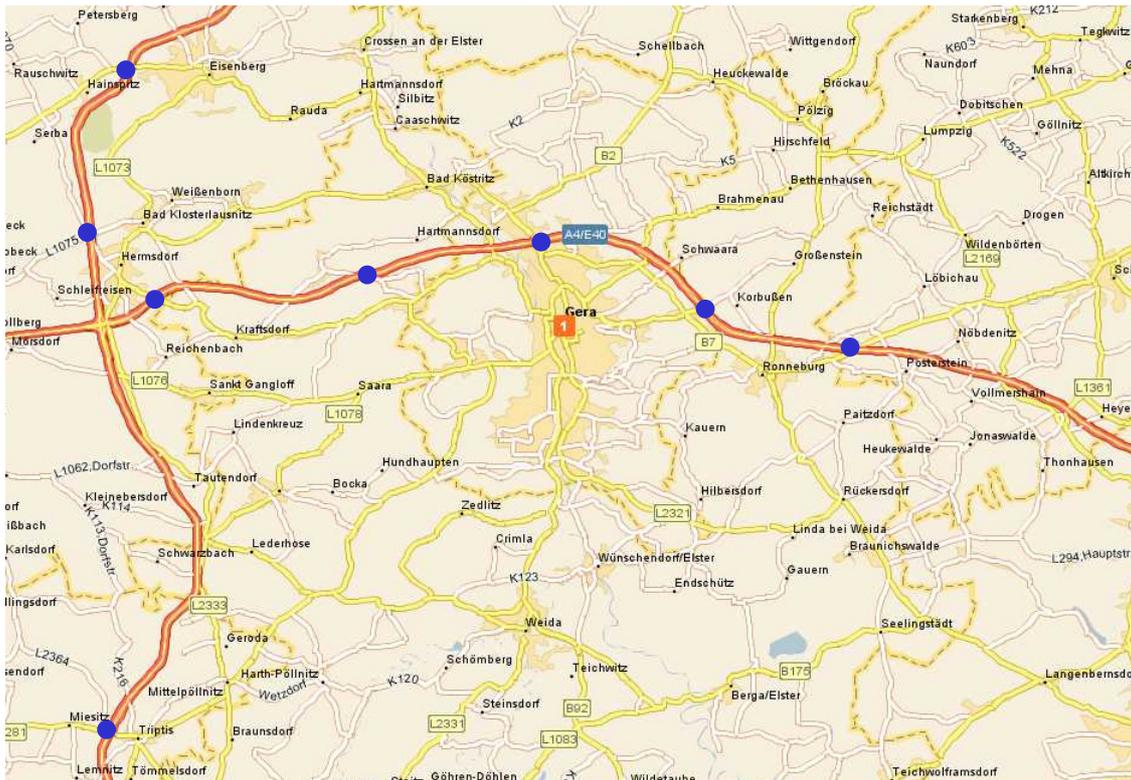


Abbildung 5.1: Untersuchungsgebiet

[Eigene Darstellung (ohne Maßstab), Karte aus <http://www.de.map24.com>]

Das Untersuchungsgebiet umfasst mehrere Bundesautobahnen³¹ (BAB) mit den Anschlußstellen auf der BAB A9 Triptis (im Süden), Bad Klosterlausnitz und Eisenberg (im Norden) und auf der BAB A4 Kraftsdorf, Rüdersdorf, Gera, Gera-Leumnitz und Ronneburg (von West nach Ost aufgezählt),

³¹ [Begriffsbestimmungen FGSV 2000]:
Gewidmete und an den Anschlussstellen gekennzeichnete Autobahn in der Baulast des Bundes.
Autobahn: Anbaufreie Straße nur für Kraftfahrzeuge mit mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen und ausschließlich planfreien Knotenpunkten.

Durch Veränderungen der Ausbaugeschwindigkeit auf Straßen des nachgeordneten Straßennetzes sind Verlagerungseffekte von den auf das Außerortsnetz und umgekehrt wahrscheinlich. Sie müssen also bei der wirtschaftlichen Betrachtung berücksichtigt werden. Die Längen der Straßen sind in der nachfolgenden Abbildung nach Baulastträgerschaft unterschieden.

Lage	Klassifizierung (nach Baulast)	Netztyp	Länge [km]	Summen (ohne BAB) [km]	Anteil am Außerortsnetz ohne BAB [%]
Außerorts	Bundesautobahnen	Hochleistungsnetz	76,583	0,000	0,00
	Bundesstraßen	übergeordnet	84,917	298,636	56,14
	Landesstraßen		213,719		
	Kreisstraßen	nachgeordnet	138,393	233,341	43,86
Gemeindestraßen	94,948				
Gesamt (außerorts)			608,56	531,977	100,00
Innerorts	Bundesstraßen		37,329	368,729	
	Landesstraßen		45,782		
	Kreisstraßen		14,966		
	Gemeindestraßen		270,652		
Gesamt (innerorts)			368,729	368,729	
Insgesamt (außerorts und Innerorts)			977,289	900,706	

Tabelle 5.1: Untersuchungsgebiet mit Baulastträgerschaft (Ist-Zustand)
 [Eigene Darstellung]

Der nachfolgenden Abbildung ist zu entnehmen, dass ca. 70 Prozent der Straßennetzlänge innerhalb der festgelegten Ober- und Untergrenzen des Streckmaßes liegen.

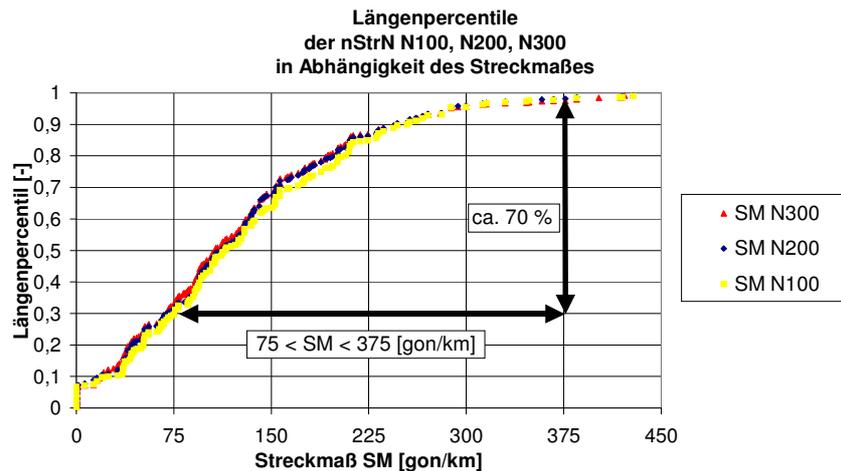


Abbildung 5.2: Nachweis Einhaltung der Ober- und Untergrenzen des Streckmaßes im Untersuchungsgebiet
 [Eigene Darstellung]

Die folgende Grafik weist nach, dass fast 100 Prozent der Straßennetzlänge des nachgeordneten Straßennetzes unter dem Schwellenwert von $L / L_{Luft} < 1,57$ liegen.

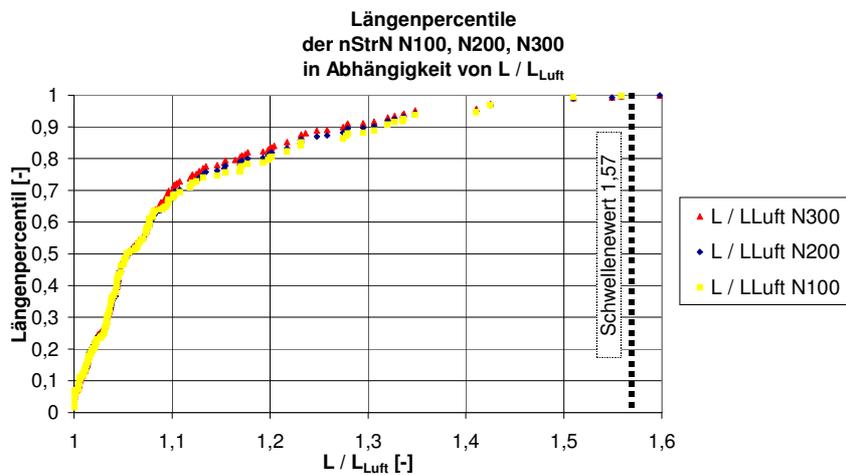


Abbildung 5.3: Nachweis des Schwellenwertes L / L_{Luft} für das Untersuchungsgebiet
[Eigene Darstellung]

Das Untersuchungsgebiet erfüllt somit alle Auswahlkriterien.

6 Modellierung des ausgewählten Untersuchungsgebietes

6.1 Begriffsbestimmungen

Folgenden Begriffsbestimmungen und Zuordnungen werden nachfolgend verwendet:

	innerorts Netz	nachgeordnetes Netz	außerorts Netz	BAB
innerorts Netz	X			
nachgeordnetes Netz		X		
außerorts Netz			X	
übergeordnetes Netz		X	X	
BAB				X
gesamtes Netz	X	X	X	X

Tabelle 6.1: Begriffsbestimmungen und Zuordnungen einzelner Netzteile zueinander
 [Eigene Darstellung]

6.2 Vorgehensweise

Zunächst wurde der „Ist-Zustand“ des Untersuchungsgebietes modelliert. Das geschah durch ein strukturdatenbasiertes Nachfrage- und Umlegungsmodell in dem die vier Stufen der Verkehrsmodellierung ineinander verzahnt sind (Modellierung der Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsaufteilung, Verkehrsumlegung).

Zur Berücksichtigung der Stadt-Umland-Beziehungen wurde auch das Innerortsnetz der Stadt Gera (ca. 100.000 Einwohner) mit abgebildet. Anschließend wurde im anteiligen, nachgeordneten Straßennetz die Ausbaugeschwindigkeit zwischen $50 \leq V_A \leq 100$ [km/h] variiert.

Rückkopplungen zwischen Umlegung und Nachfrage wurden für den Analysezustand berücksichtigt. Einflüsse von Geschwindigkeitsbegrenzungen im nachgeordneten Netz auf Erzeugung, Ziel- und Verkehrsmittelwahl wurden nicht berücksichtigt.

Die Netzparameter für alle Straßen wurden aus der Vor-Ort-Analyse des vorhandenen Straßennetzes bestimmt. Die Verkehrsstromaufteilung erfolgte belastungsabhängig unter dem Ansatz des Nutzergleichgewichts. Folgende Einschränkungen wurden bei der Modellierung gemacht:

- Kleinere Ortschaften wurden über einen Punkt angebunden. Ortsdurchfahrten und Außerortsbereiche wurden in diesen Fällen aggregiert.
- Bei der Auswertung der Zeitverluste wurden die Abbiegewiderstände im nachgeordneten Straßennetz vernachlässigt, nicht jedoch bei Berechnung der Verkehrsumlegung.
- Bei den weiteren Auswertungen werden nur die Effekte aus der Verkehrsumlegung betrachtet. Andere Effekte wie eine veränderte Erzeugung oder Ziel- und Verkehrsmittelwahl wurden nicht untersucht.

Ein erstes Ziel der Untersuchung war die Auswahl der Strecken, die dem nachgeordneten Straßennetz zuzuordnen sind. Dafür wurde das vorhandene Straßennetz zunächst modelliert. Anschließend wurden die Netzstrecken mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$, $q \leq 200$ und $q \leq 300$ [Kfz/h] je Querschnitt herausgefiltert.

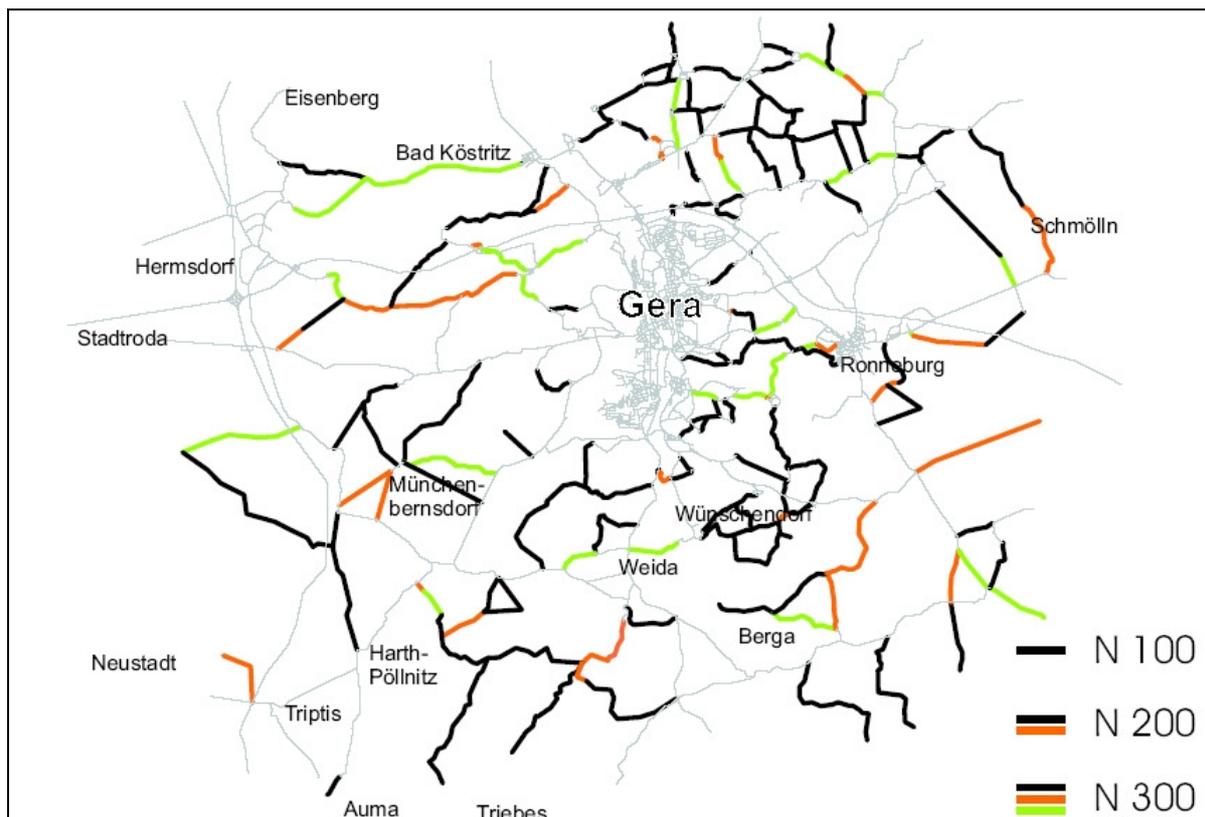


Abbildung 6.1: Untersuchungsgebiet, nachgeordnete Straßennetze
[Eigene Darstellung]

Der nachfolgenden Tabelle sind die zugehörigen Netzlängen zu entnehmen.

Lage	Klassifizierung (nach neuer Definition)	Netztyp	Belastung [Fz/Sph]	Länge [km]	Summen (ohne BAB) [km]	Anteil am Außerortsnetz ohne BAB [%]
Außerorts	Bundesautobahnen	Hochleistungsnetz	Alle	76.583	0,000	0,00
	N100	nachgeordnet	<=100	230.179	522,654	44,04
		übergeordnet	>100	292.475		55,96
	N200	nachgeordnet	<=200	288.188	522,654	55,14
		übergeordnet	>200	234.466		44,86
	N300	nachgeordnet	<=300	334.335	522,654	63,97
		übergeordnet	>300	188.319		36,03
Gesamt (außerorts)				599,237	522,654	
Innerorts			Alle	378,052	378,052	
	Gesamt (innerorts)				378,052	378,052
Insgesamt (außerorts und Innerorts)				900,706	900,706	

Tabelle 6.2: Untersuchungsgebiet, nach Gesamtverkehrsstärke (Modellansatz)
[Eigene Darstellung]

Anmerkung: Die Abgrenzung zwischen übergeordnetem und nachgeordneten Straßennetz erfolgte auf Basis der Analysebelastung und wurde anschließend nicht mehr verändert, auch wenn sich die Belastung der Netzelemente infolge der Variation der Ausbaugeschwindigkeit verändert.

Auf den Strecken des nachgeordneten Straßennetzes wurde anschließend die Ausbaugeschwindigkeit V_A über Anpassen der Widerstandskurven, d.h. von V_{max} und der Kapazitätsgrenze, variiert.

Bei der Bestimmung der Widerstandsfunktionen wurden die q-V Beziehungen des Handbuches für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen [HBS FGSV 2001] berücksichtigt. Um eine in ein Umlegungsmodell zu implementierende Kapazitätsbeschränkung zu beschreiben, wurden belastungsabhängige Widerstandsfunktionen, mit unterschiedlicher Bewertung des stabilen/instabilen Bereichs mittels der Kapazitätsbeschränkungsfunktion entsprechend Gleichung (4) nach **[SCHNABEL, LOHSE 1997]** verwendet.

Damit erfolgte keine Vorgabe einer konstanten Verkehrsgeschwindigkeit im nachgeordneten Straßennetz, sondern die Vorgabe einer für jedes Netzelement, jeden Netzabschnitt konstanten Ausbaugeschwindigkeit.

$$TM = T0 * \left(1 + a * \left(\frac{M}{C} \right)^b \right) \quad (4)$$

Mit:	TM	[s]	Fahrzeit / Wartezeit bei Verkehrsstärke M≠0
	T0	[s]	Fahrzeit / Wartezeit bei Verkehrsstärke M=0
	M	[Kfz/h]	Verkehrsstärke des Netzelementes
	C	[Kfz/h]	Durchlassfähigkeit / Kapazität des Netzelementes
	a, b	[-]	Parameter

Die Nachfrage- und Umlegungsrechnungen erfolgten für den ganzen Tag zeitscheibenfein in Intervallen von je einer Stunde. Die Ausbaugeschwindigkeit innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes wurde dabei von 50 bis 100 [km/h] in Zehnerschritten variiert. Auf diese Weise können für jedes nachgeordnete Straßennetz die Tagessummen der Fahrzeiten und Fahrleistungen direkt aus der Verkehrsumlegung bestimmt werden.

Die Jahressummen werden durch die Multiplikation mit den Tagessummen mal dreihundertfünfundsechzig gebildet.

Die der Modellierung zugrundegelegten Aktivitätsverteilungen basieren u.a. auf den soziodemographischen Projektergebnissen der Erhebung **[MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND 2002]**. Die Verkehrsnachfragen repräsentieren dabei den „durchschnittlichen Wochentag.“ Die Tagessummen entsprechen damit nicht exakt dem DTV, sondern dem DTV_{Mo-Fr} ³². Dieser Fehler wird jedoch als nicht ausschlaggebend für die erzielten Ergebnisse eingeschätzt.

6.3 Anteil der Schwerverkehrsfahrzeuge

Der Anteil der Schwerverkehrsfahrzeuge³³ (*SV-Anteil*) wurde bei der Modellierung des „Ist-Zustandes“ durch eine separat modellierte Schwerverkehrsmatrix berück-

³² DTV_{Mo-Fr} : Durchschnittlich täglicher Verkehr von Montag bis Freitag

³³ [HBS FGSV 2001]:
Definiertes Schwerverkehrsfahrzeug, dessen Geschwindigkeitsprofil in Abhängigkeit von der Längsneigung einer Strecke der Einteilung in Steigungsklassen zugrundegelegt wird.

sichtigt, die auf der Grundlage von Verkehrszählungen der Stadt Gera ermittelt wurde.

In der Literatur wird überwiegend unter dem SV-Anteil der Anteil an der Verkehrsbelastung (VB) verstanden. Weiterhin wird dieser Anteil als „SV(VB)-Anteil“ bezeichnet. Der SV(VB)-Anteil ist somit in der Schwerverkehrsmatrix enthalten.

Wie vorab hergeleitet ergeben sich die Nutzerkosten jedoch aus Veränderungen der Fahrleistungen (FL) und der Fahrzeitverluste (FZ). Der Begriff *SV-Anteil* wird deshalb wie folgt präzisiert:

- Die für die Berechnung der Nutzerkosten benötigten Anteile der Fahrleistungen werden als „SV(FL)-Anteile“ und die der Fahrzeitverluste als „SV(FZ)-Anteile“ bezeichnet.
- Die SV(FL)- und SV(FZ)-Anteile wurden aus den Umlegungsergebnissen abgeleitet.

Die [EWS FGSV 1997] unterscheidet bei dem SV(VB)-Anteil die Fahrzeuggruppen „Lkw (L)“, „Lastzug (Z)“ und „Bus (B)“ und die Fahrzeuguntergruppen „leichter Lkw (LN)³⁴“, „sonstiger Lkw (LS)³⁵“, „Lastzug (Sattelzug) (Z)“, „Reisebusse (BR)“ und „Linienbusse (BL).“ Die sowohl empirische als auch modellhafte Differenzierung in diese verschiedenen Fahrzeuggruppen ist ein grundsätzliches Problem, dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht gelöst werden konnte.

Innerhalb der Modellierung wurde deshalb folgende Unterscheidung vorgenommen:

- Die Schwerverkehrsmatrix fasst die Fahrzeuguntergruppen (LN), (LS) und (Z) zusammen. Der in der Modellierung berücksichtigte SV(VB)-Anteil kann der Fahrzeuguntergruppe (LS) zugeordnet werden.
- Aufgrund des anzunehmenden geringen absoluten Anteils der Fahrzeuggruppe (B) an dem SV(VB)-Anteil wurden diese Fahrzeuggruppen nicht gesondert betrachtet.

³⁴ Über 2,8 bis 3,5 [t] zulässiges Gesamtgewicht [vgl. Beitrag Cerwenka P. et. al. in [EWS FGSV 2000]].

³⁵ Über 3,5 [t] zulässiges Gesamtgewicht [vgl. Beitrag Cerwenka P. et. al. in [EWS FGSV 2000]].

6.4 Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

Mit den Verordnungen zur Änderung der StVO am 25.07.1957 und vom 31.12.1975 wurden die allgemeinen Regelungen für die maximal zulässigen Geschwindigkeiten innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften (ohne Bundesautobahnen) eingeführt. Seitdem gilt auf Innerortsstraßen eine von 50 [km/h] bzw. für Pkw auf Landstraßen von 100 [km/h].

Für das Innerortsnetz wurde die zulässige Höchstgeschwindigkeit als oberer Grenzwert in das Modell implementiert, für das Außerortsnetz ergibt sich die Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für Pkw aus der Verwendung der, über die beschriebenen Widerstandskurven, angepasste q-v Beziehungen des [HBS 2001].

Die Höchstgeschwindigkeit für Lkw über 7,5 t beträgt außerhalb geschlossener Ortschaften und von Autobahnen und Kraffahrtstraßen 60 [km/h] (§3 Abs. 3 Nr. 2b StVO). Lkw zwischen 3,5 und 7,5 t dürfen dort maximal 80 [km/h] fahren (§ 3 Abs. 3 Nr. 2a StVO). Auf Autobahnen dürfen Lkw ab 3,5 t maximal 80 km/h fahren (§18 Abs. 5 Nr. 1 StVO).

Der Fahrzeuguntergruppe LS wurde aufgrund einer angestrebten realistischen Nähe zur tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 [km/h] auf den Landstraßen und den BAB zugeordnet.

Daraus folgernd ergibt sich die im Modell gefahrene Geschwindigkeit bis $V_A=80$ [km/h] aus der Modellierung. Zwischen $V_A=80$ [km/h] bis $V_A=100$ [km/h] wurde Sie anschließend auf $V_A=80$ [km/h] begrenzt.

6.5 Ergebnisse aus den Umlegungsberechnungen

6.5.1 Bestimmung der Fahrzeit und der Fahrleistung

Durch die Variation der Ausbaugeschwindigkeit auf den Strecken des nachgeordneten Straßennetzes ergeben sich immer Verkehrsverlagerungen auf allen Straßen, also nicht nur im nachgeordneten Straßennetz. Die Summen der sich aus diesen Verkehrsverlagerungen ergebenden Fahrzeit- und Fahrleistungsveränderungen sind für die wirtschaftliche Betrachtung maßgebend.

Sie werden je betrachtetem Straßennetzteil nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$FZ_{Netz} = \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^n q_{it} * t(akt)_{it} \quad (5)$$

$$FL_{Netz} = \sum_{t=1}^{24} \sum_{i=1}^n q_{it} * L(akt)_{it} \quad (6)$$

Mit:	FZ_{Netz}	[Kfz h]	Fahrzeit je betrachtetem Straßennetzteil
	FL_{Netz}	[Kfz km]	Fahrleistung je betrachtetem Straßennetzteil
	q_{it}	[(Kfz/Zeitintervall)]	Verkehrsstärke je Strecke i und Zeitintervall t
	$t(akt)_{it}$	[Kfz h/Zeitintervall]	Belastungsabhängige Fahrzeit aller Kfz je Teilabschnitt i und Zeitintervall t
	$L(akt)_{it}$	[Kfz km/Zeitintervall]	Belastungsabhängige Fahrlänge aller Kfz je Teilabschnitt i und Zeitintervall t
	Kfz	[-]	Kraftfahrzeug
	n	[-]	Anzahl der Teilabschnitte innerhalb des Straßenabschnitts
	t	[-]	Zeitintervall; hier 0 – 24 Uhr in Stunden disaggregiert
	i	[-]	Streckenindex

Für die Differenzierung in den Kfz- und den Wirtschaftsverkehr ist für die Einheit „Fz (Fahrzeug)“ die Anzahl der Kfz bzw. der entsprechende SV(VB)-Anteil einzusetzen.

6.5.2 Ergebnisdarstellung (Kfz)

Aus den Umlegungsrechnungen wurden für jedes Netzelement und für jede Ausbaugeschwindigkeit die Fahrzeiten und Fahrleistungen je Zeitintervall ausgelesen. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse wiedergegeben. Dem Anhang sind sämtliche Resultate zu entnehmen.

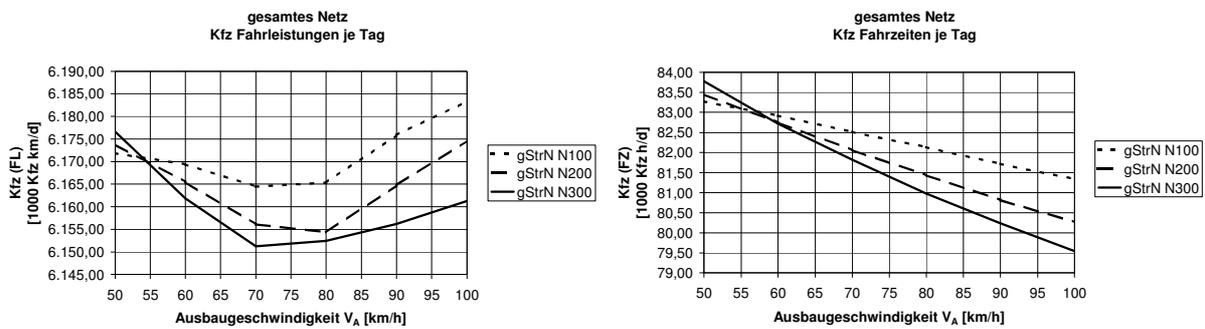


Abbildung 6.2: Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im gesamten Netz je Tag
 [Eigene Darstellung]

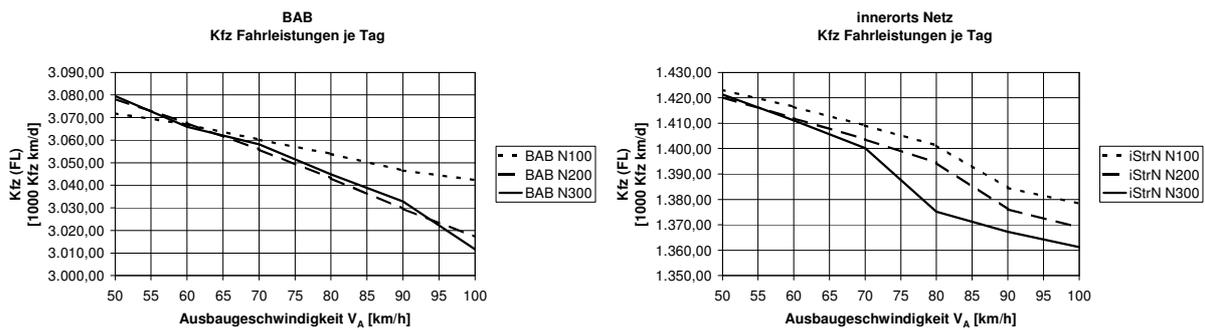


Abbildung 6.3: Kfz-Fahrleistung auf den BAB und im Innerortsnetz je Tag
 [Eigene Darstellung]

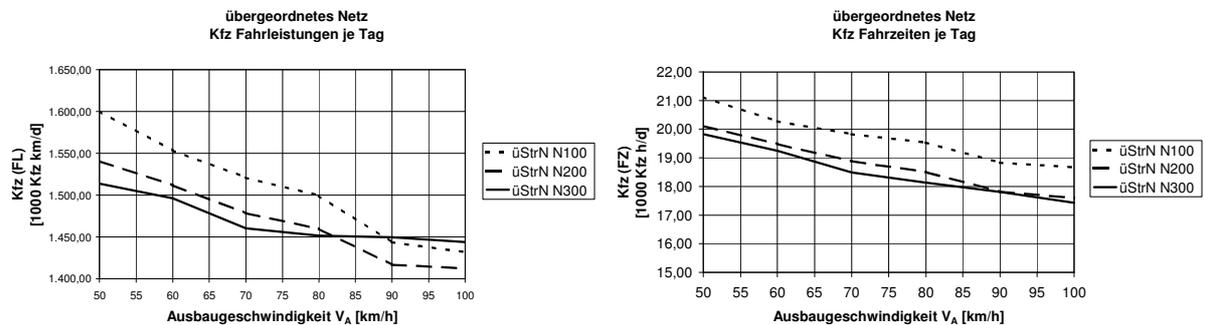


Abbildung 6.4: Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im übergeordneten Netz je Tag
 [Eigene Darstellung]

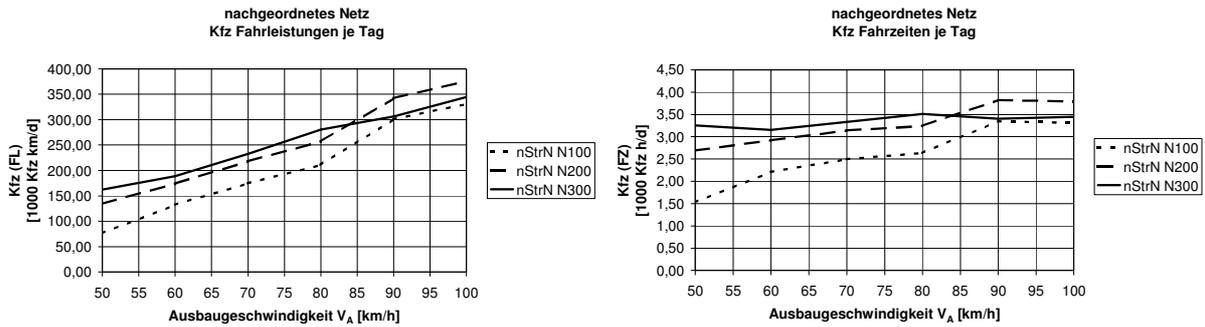


Abbildung 6.5: Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im nachgeordneten Netz je Tag
 [Eigene Darstellung]

Der Interpretation der Ergebnisse sei vorangestellt, dass viele Wechselwirkungen derart komplex sind, dass genau eine Begründung für die Beschreibung genau eines Effektes nicht möglich ist. Eine übergeordnete Erklärung für (fast alle) errechneten Ergebnisse ist folgende: Durch eine Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit von 50 [km/h] auf 100 [km/h] erhöht sich grundsätzlich die Attraktivität der nachgeordneten Straßennetze. Die damit verbundene Größenordnung der Fahrleistungsveränderungen leitet sich aus folgenden Rahmenbedingungen ab:

- Für das nachgeordnete Straßennetz gilt:
 - (I) Die Fahrleistung im nachgeordneten Straßennetz erhöht sich. Dies ist dadurch zu begründen, dass eine Verkehrsverlagerung zum nachgeordneten Straßennetz stattfindet.
- Für das übergeordnete Straßennetz gilt:
 - (II) Die Fahrleistung im übergeordneten Straßennetz verringert sich, da kürzere Routen durch das nachgeordnete Straßennetz attraktiver werden. Umwege über das übergeordnete Straßennetz werden vermieden.
 - (III) Die Fahrleistung im übergeordneten Straßennetz erhöht sich, da Routen aufgrund der Attraktivitätserhöhung des nachgeordneten Straßennetzes statt über die Bundesautobahnen und dem Innerortsnetz verstärkt über das nachgeordnete Straßennetz gewählt werden.
 - (IV) Da das nachgeordnete Straßennetz kein zusammenhängendes Netz ist, wird das übergeordnete Straßennetz mitbenutzt.

Die beschriebenen Effekte sind unterschiedlich stark ausgeprägt. In den unteren Ausbaugeschwindigkeiten dominiert wahrscheinlich der Effekt (I), in den oberen Bereichen gleichen sich die beschriebenen Effekte weitestgehend aus. Die Kurven werden „flacher“. Bei dem nachgeordneten Straßennetz N300 wird der Effekt (II) und (III) früher einsetzen als bei den N100 und N200 Netz.

- Die Summe der Fahrleistungen im nachgeordneten und übergeordneten Straßennetz ergibt sich demnach aus dem Netzzusammenhang und der damit verbundenen Routenwahl und Routenlänge innerhalb aller Netzteile. Die lineare Abnahme der Fahrleistungen auf den BAB und im Innerortsnetz ist damit nicht einer linearen Zunahme auf dem Außerortsnetz gleichzusetzen.
- Die Ausbildung des Fahrleistungsminimums im Gesamtnetz (Abbildung 6.2, linke Grafik) begründet sich somit aus der vorliegenden Betrachtung des Zusammenhangs der Strecken im nachgeordneten Straßennetz zueinander!

Die oben erläuterte Begründung zur Fahrleistung gilt grundsätzlich auch für die Fahrzeit. Da das Auswahlkriterium zur Routenwahl jedoch die (einzusparende) Fahrzeit ist, sollte in der Summenbetrachtung die Fahrzeit mit dem Anstieg der Ausbaugeschwindigkeit abfallen. Dies wird mit der kontinuierlich abfallenden Fahrzeitkurve im Gesamtnetz belegt (Abbildung 6.2, rechte Grafik).

6.5.3 Ergebnisdarstellung der SV(FL)- und SV(FZ)-Anteile

Die Ergebnisse aus den Umlegungsrechnungen nur für die SV-Anteile werden nachfolgend aufgeführt.

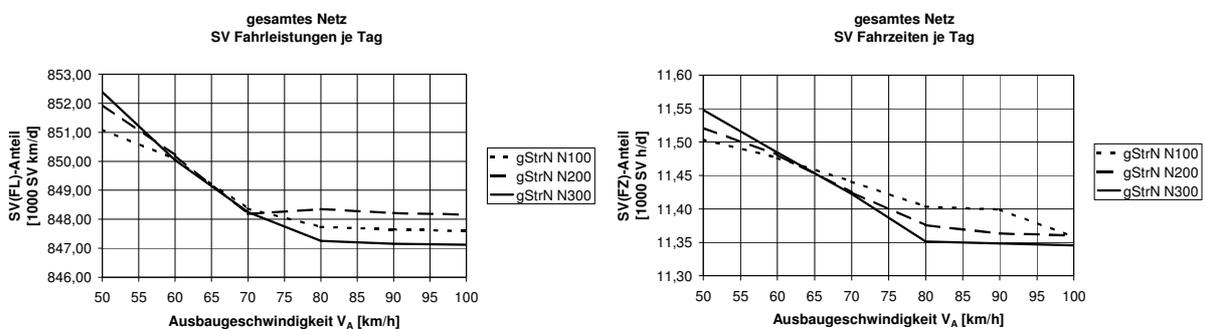


Abbildung 6.6: SV(FL) und SV(FZ)-Anteile im gesamten Netz je Tag
 [Eigene Darstellung]

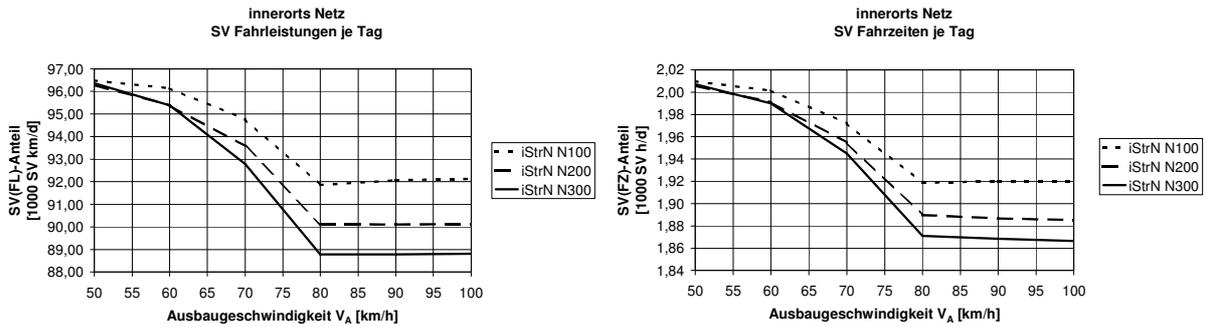


Abbildung 6.7: SV(FL) und SV(FZ)-Anteile im Innerortsnetz je Tag
 [Eigene Darstellung]

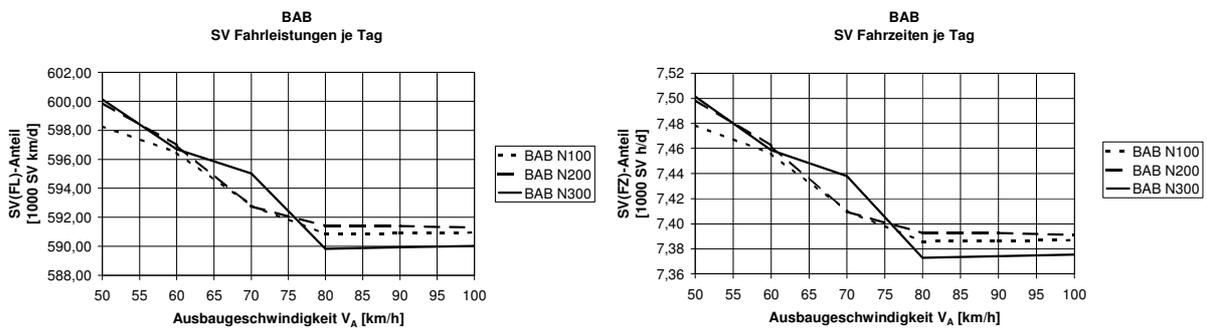


Abbildung 6.8: SV(FL) und SV(FZ)-Anteile auf den BAB je Tag
 [Eigene Darstellung]

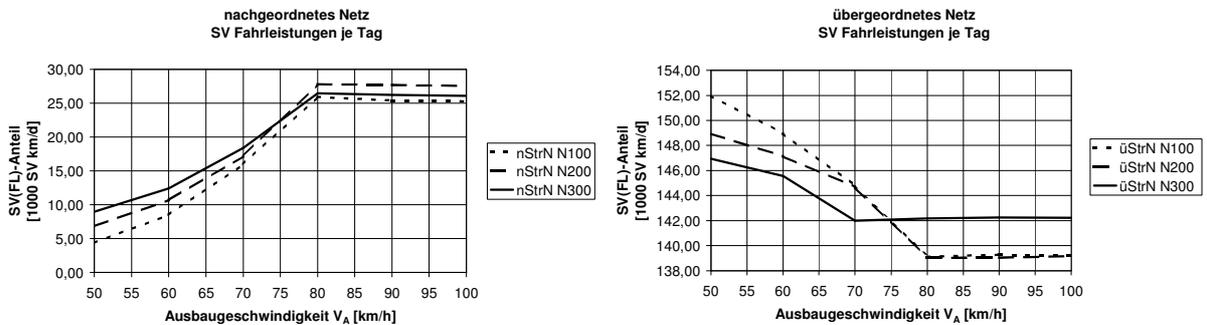


Abbildung 6.9: SV(FL)-Anteile im nachgeordneten und übergeordneten Netz je Tag
 [Eigene Darstellung]

Interpretation der Ergebnisse:

- Die SV(FL)- und der SV(FZ)-Anteil verringern sich im gesamten betrachteten Straßennetz. Dies ist durch die beschriebenen Effekte in Bezug auf die Attraktivitätssteigerung des nachgeordneten Straßennetzes und der damit verbundenen Wahl von „Abkürzungsrouten“ zu begründen.

- Die Fahrleistungen und die Fahrzeiten im Innerortsnetz und auf den Bundesautobahnen verringern sich: durch Veränderungen des Ausbaustandards im nachgeordneten Netz finden Verlagerungen sowohl vom innerstädtischen Bereich als auch von den Bundesautobahnen auf das Außerortsnetz statt.
- Die Fahrleistung und die Fahrzeit im nachgeordneten Straßennetz verändern sich ab etwa einer Ausbaugeschwindigkeit von $V_A=70$ bis 80 [km/h] kaum. Offensichtlich erhöht sich die Attraktivität der nachgeordneten Straßennetzeile bis zu diesen Ausbaugeschwindigkeiten derart, dass mit dem Anstieg der Ausbaugeschwindigkeit das nachgeordnete Straßennetz zur Verringerung der Routenlänge benutzt wird. Ab ca. $V_A=80$ [km/h] führt die Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit aufgrund der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für Schwerverkehrsfahrzeuge nicht zu einer Attraktivitätssteigerung der nachgeordneten Straßennetzeile. Damit ergibt sich ab $V_A=80$ [km/h] keine weitere Zunahme der Fahrleistung.
- Innerhalb des nach- und übergeordnetes Straßennetz findet eine Verlagerung bis zur Ausbaugeschwindigkeit von $V_A=70$ bis 80 [km/h] vom übergeordneten in das nachgeordnete Straßennetz statt. Dieser Effekt ist wiederum durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit und der damit verbundenen Routenwahl für Schwerverkehrsfahrzeuge begründet.

7 Exkurs zur Berücksichtigung der Unfälle

7.1 Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und Unfallgeschehen

[STUSTER et. al. 1998] haben eine Übersicht von Veränderungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in verschiedenen Ländern und die damit verbundenen Auswirkungen auf das Unfallgeschehen zusammengetragen. Aus der Zusammenstellung wird ein eindeutiger (qualitativer) Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und dem Unfallgeschehen deutlich.

Reference	Country	Change	Results
<i>Speed Limit Decreases</i>			
Nilsson (1990)	Sweden	110 km/h to 90 km/h (68 mi/h to 56 mi/h)	Speeds declined by 14 km/h Fatal crashes declined by 21%
Engel (1990)	Denmark	60 km/h to 50 km/h (37 mi/h to 31 mi/h)	Fatal crashes declined by 24% Injury crashes declined by 9%
Peltola (1991)	UK	100 km/h to 80 km/h (62 mi/h to 50 mi/h)	Speeds declined by 4 km/h Crashes declined by 14%
Sliogeris (1992)	Australia	110 km/h to 100 km/h (68 mi/h to 62 mi/h)	Injury crashes declined by 19%
Finch et al. (1994)	Switzerland	130 km/h to 120 km/h (81 mi/h to 75 mi/h)	Speeds declined by 5 km/h Fatal crashes declined by 12%
Scharping (1994)	Germany	60 km/h to 50 km/h (37 mi/h to 31 mi/h)	Crashes declined by 20%
Newstead and Mullan (1996)	Australia	5-20 km/h decreases (3-12 mi/h decreases)	No significant change (4% increase relative to sites not changed)
Parker (1997)	USA 22 states	5-20 mi/h decreases (8-32 km/h decreases)	No significant changes
<i>Speed Limit Increases</i>			
NHTSA (1989)	USA	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Fatal crashes increased by 21%
McKnight, Kleinand Tippetts (1990),	USA	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Fatal crashes increased by 22% Speeding increased by 48%
Garber and Graham (1990)	USA (40 States)	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Fatalities increased by 15% Decrease or no effect in 12 States
Streff and Schultz (1991)	USA (Michigan)	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Fatal and injury crashes increased significantly on rural freeways
Pant, Adhami and Niehaus (1992)	USA (Ohio)	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Injury and property damage crashes increased but not fatal crashes
Sliogeris (1992)	Australia	100 km/h to 110 km/h (62 mi/h to 68 mi/h)	Injury crashes increased by 25%
Lave and Elias (1994)	USA (40 states)	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Statewide fatality rates decreased 3- 5% (Significant in 14 of 40 States)
Iowa Safety Task Force (1996)	USA (Iowa)	55 mi/h to 65 mi/h (89 km/h to 105 km/h)	Fatal crashes increased by 36%

Tabelle 7.1: Geschwindigkeitsveränderung: Einfluss auf das Unfallgeschehen
[STUSTER et. al. 1998, Tabelle 3]

Für Deutschland wird als Beispiel üblicherweise die nachfolgend dargestellte Grafik zum Nachweis des Geschwindigkeitseinflusses auf das Unfallgeschehen herangezogen. Die Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Jahr 1972 von 100 [km/h] auf Landstraßen führte als wichtiger Beitrag in den folgenden Jahren zu einem Rückgang der Getöteten.

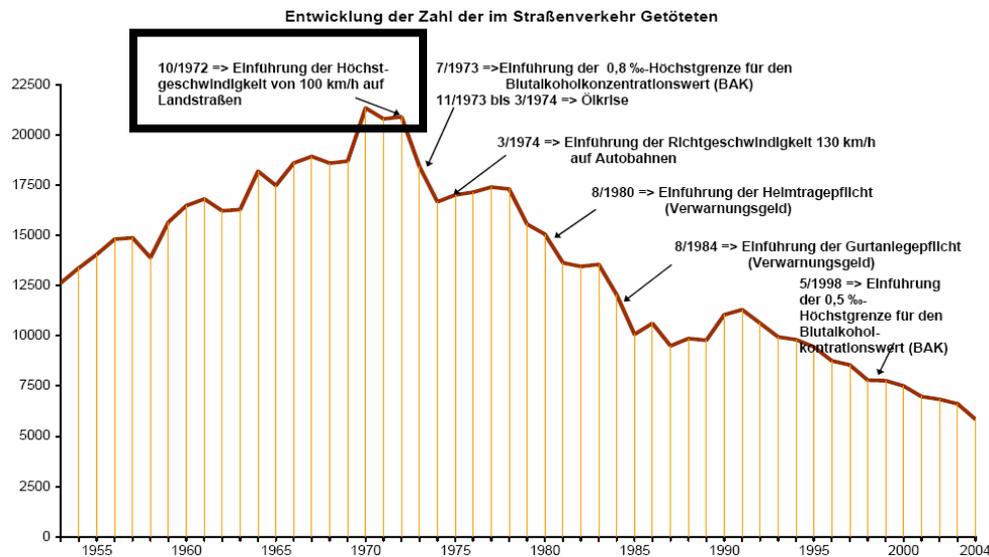


Abbildung 7.1: Entwicklung der Zahl der im Straßenverkehr Getöteten in der BRD
[STATISTISCHES BUNDESAMT 2004]

In Bezug auf die Kenntnis eines qualitativen Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeit und Unfallgeschehen sind der Literatur weiterführende Ansätze zur quantitativen Beschreibung zu entnehmen. Ein Ansatz verfolgt den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und den Unfallfolgen, ein anderer Ansatz den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Unfallhäufigkeit (Anzahl der Unfälle pro Jahr).

Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und den Unfallfolgen:

Bei diesem Ansatz wird versucht, die Unfallfolgen über die bei einem Unfall erzeugte kinetische Energie³⁶ und deren Auswirkungen auf den Körper des Verunfallten abzuschätzen.

³⁶ In dem physikalischen Zusammenhang zwischen kinetischer Energie und der Geschwindigkeit geht die Geschwindigkeit zum Quadrat ein. Daraus folgend wird angenommen, dass mit zunehmender Geschwindigkeit die Wahrscheinlichkeit schwerer Unfallfolgen zunimmt.

[FURTH 2004] untersuchte experimentell den Einfluss der Geschwindigkeit und der Beschleunigung auf den Bereich der *Halswirbelsäule* (HWS-Schleudertrauma)³⁷. Mittels eines Schlittens wurden humane HWS-Präparate unterschiedlich beschleunigt und dann gemäßigt abgebremst. Zusammenfassend erscheint [FURTH 2004] die Betrachtung der Geschwindigkeitsänderung ΔV (und der mittleren Beschleunigung) zur Einschätzung des Verletzungsrisikos bei Realkollisionen sinnvoll. Er resümiert aber weiterhin, dass eine Übertragung der quantitativen Messergebnisse seiner Studie auf Realkollisionen nicht möglich ist. Zu groß wären die Unterschiede zwischen einem in-vitro Experiment und den Gegebenheiten einer Realkollision³⁸.

[JOKSCH 1993] hat herausgefunden, dass das Risiko eines Autofahrers, getötet zu werden, entsprechend der nachfolgend dargestellten Kurve ebenfalls in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsänderung ΔV zum Zeitpunkt der Kollision steigt³⁹. Diese Kurve verdeutlicht auch den Zusammenhang zwischen der auf die Fahrzeuginsassen einwirkende kinetische Energie und den Unfallfolgen.

[von ELM, KUEHNI 2005] geben für die *Unfallart 6. Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger*⁴⁰ einen ähnlichen Zusammenhang an, allerdings in Abhängigkeit von der Aufprallgeschwindigkeit. Da die Geschwindigkeit des Fußgängers sehr gering ist, kann für diesen Fall die Aufprallgeschwindigkeit der Geschwindigkeitsänderung ΔV gleichgesetzt werden.

³⁷ Das HWS-Schleudertrauma ist ein Trauma des Bewegungsapparates und des zentralen Nervensystems.

³⁸ FURTH führt dazu aus: „Die alleinige Betrachtung einer dieser Parameter (delta V und Beschleunigung, Anm. d. Autors) ist sicherlich nicht statthaft, da andere Parameter, wie z.B. die Winkelbeschleunigung des Kopfes und das auftretende Drehmoment, einen Einfluss auf den Schweregrad der Verletzung haben könnten. ... Es muss berücksichtigt werden, dass es sich bei den Testobjekten um nicht lebendiges Material mit einem Durchschnittsalter von 81 ± 12 Jahren, handelte. ... Es kann davon ausgegangen werden, dass die Einfrier- und Auftauvorgänge, die zur Präparation und schließlich für die Beschleunigungsversuche nötig waren, keine biomechanischen Veränderungen der Präparate verursachten. Aus ethischen und technischen Gründen wurde nur C0 bis Th2 der Präparate verwendet, den kranialen Abschluss des Präparates bildete ein Kopfdummy (4,5 kg, physiologischer Kopfschwerpunkt in Bezug zur Wirbelsäule). Ein weiterer Unterschied zu in vivo Experimenten stellt die fehlende bzw. die nicht nerval innervierte Halsmuskulatur dar. Eine passive Stabilisierung des Kopfes und somit die Möglichkeit den Kopf frei zu balancieren fehlte. Auch die ca. 73ms bis 175ms nach Beginn der Beschleunigung auftretende aktive Anspannung der Nackenmuskulatur, wie sie bei Beschleunigungsversuchen mit Freiwilligen beobachtet wurde, fehlte.

³⁹ JOKSCH bezeichnet die gefundene Beziehung aber als „Daumenregel“. Dies geht schon aus dem Titel seiner Untersuchungen „Velocity Change and Fatality Risk in a Crash-A Rule of Thumb“ heraus!

⁴⁰ Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer. Es werden 10 Unfallarten unterschieden. Eine Beschreibung aller Unfallarten ist dem Anhang zu entnehmen.

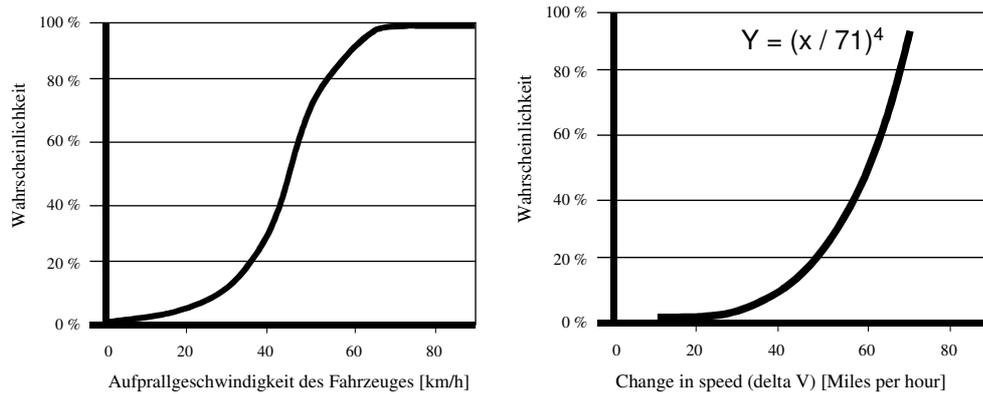


Abbildung 7.2: Wahrscheinlichkeit, bei einem Unfall getötet zu werden
[Eigene Darstellung; aus JOKSCH 1993 und von ELM, KUEHNI 2005]

Der bisher beschriebene Ansatz, die Unfallfolgen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit abzuschätzen, birgt somit die Notwendigkeit in sich, die Geschwindigkeitsänderung ΔV aus dem realen Unfallgeschehen in einer statistisch gesicherten Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu kennen. Dazu gibt es aber noch keine weiterführenden Erkenntnisse.

In Bezug auf die vorliegende Aufgabenstellung wird deshalb der zweite Ansatz, die Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen der Geschwindigkeit und der Unfallhäufigkeit, weiterfolgt und im nachfolgenden Kapitel behandelt.

7.2 Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Unfallhäufigkeit auf Außerortsstraßen

[MARTENS et. al. 1997] erklären den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Unfallhäufigkeit dadurch, dass bei höheren Geschwindigkeiten die Wahrscheinlichkeit, in gefährliche Situationen zu geraten, zunimmt und gleichzeitig die zur Verfügung stehende Zeit zu einer richtigen Reaktion auf diese Gefahrensituation abnimmt.

Hinsichtlich der prozentualen Änderung der Anzahl der Unfälle in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit geben [FINCH et. al. 1994] eine Beziehung mit folgenden Regressionsgeraden an:

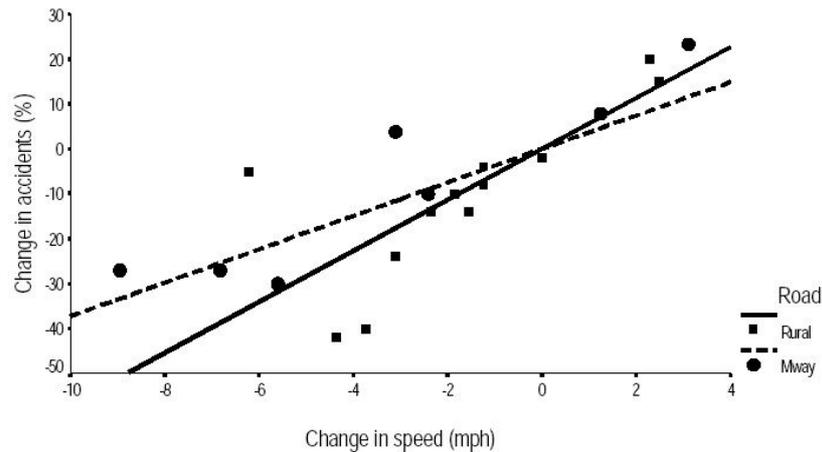


Abbildung 7.3: Zusammenhang zwischen der Änderung der Geschwindigkeit und Änderung der Unfallhäufigkeit
[FINCH D.J. et. al. 1994]

Mit dem Kürzel „MWAY“ ist der Begriff „Motorway“, also Autobahnen, mit „RURAL“ sind die sonstigen Außerortsstraßen bezeichnet. Das von [FINCH et. al. 1994] dargelegte Ergebnis bleibt jedoch umstritten, da zum einen seine Regressionsgeraden auf nur wenigen Untersuchungen beruhen (siehe „Punktwolke“ in obiger Graphik), zum anderen wird die Unabhängigkeit dieser Aussage von den äußeren Rahmenbedingungen (z.B. Straßenbreite, Kurvigkeit usw.) bezweifelt, auch wenn er eindeutig herausstellt, dass die angegebene Beziehung aus statistischen Untersuchungen gewonnen wurde.

Verschiedene andere Studien, z.B. [KLOEDEN et al. 1997], [WHEELER et al. 2000] [NIELSEN et al. 1998] und [NILSSON 1990], die die Auswirkungen von Veränderungen der Höchstgeschwindigkeiten und die damit einhergehende Reduktion der Unfälle behandeln, kommen ebenfalls zu dem Resultat, dass sich die Anzahl der Unfälle in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit verändert. Die Ergebnisse der genannten Studien sind jedoch nur schwer miteinander vergleichbar, da sie sich zum Teil auf unterschiedliche Straßennetze (innerorts, außerorts, innerörtliche Schnellstraßen) beziehen oder die statistischen Grundlagen nicht miteinander vergleichbar sind (z.B. die Definition der Unfallfolgen).

Um eine einheitliche Grundlage für Außerortsstraßen zu erarbeiten, hat die Europäische Kommission im Rahmen eines Forschungsprogramms Studien unter dem Titel MASTER (**MA**naging **S**peeds of **T**raffic on **E**uropean **R**oads) zu diesem Thema

erstellen lassen [vgl. **BARUYA 1998**]. Auf der Grundlage von Geschwindigkeits- und Unfalldaten in Holland, Schweden, Portugal und England wurde ein Modell entwickelt, das den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und der Anzahl der Unfälle beschreibt. Die nachfolgende Gleichung erläutert diesen Zusammenhang.

$$AF_a = 5,663 * Q^{0,748} * L^{0,847} * V_{Rm}^{-2,492} * P^{0,114} * e^{0,038 * NJ - 0,056 * W + 0,023 * S} \quad (7)$$

Mit	AF _a	[U/a]	Anzahl der Unfälle im Jahr
	Q	[Kfz/24h]	Verkehrsmenge
	L	[km]	Länge des Landstraßenabschnitts
	V _{Rm}	[km/h]	Mittlere gefahrene Geschwindigkeit
	P	[%]	Anteil der Schnellfahrer
	NJ	[-]	Anzahl der Kreuzungen
	W	[m]	Straßenbreite
	S	[km/h]	Zulässige Höchstgeschwindigkeit

Mit diesem *EURO model* können gegenüber den Ergebnissen von [FINCH et. al. 1994] auch Einflussgrößen und deren Wirkung auf die Unfallhäufigkeit dargestellt werden. [TAYLOR 2002] kritisiert jedoch die Ergebnisse. [TAYLOR 2002] hat das *EURO model* untersucht und kommt zu dem Schluss, dass die Schlüsselvariablen manchmal auf solch eine Weise interagieren, dass der zu beschreibende Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Anzahl der Unfälle aufgrund der Korrelationen der Variablen untereinander nicht eindeutig dargestellt werden kann⁴¹. [TAYLOR 2002] hat deshalb den europäischen Ansatz für Landstraßen⁴² in England weiterentwickelt und auf eine größere und einheitlichere Datenbasis gestellt. Dieses Modell wurde als *Level 2 model*⁴³ bezeichnet. Mit diesem Modell kann ebenfalls für

⁴¹ Original Text [Taylor 2002 (Seite 3)]:

„The processes involved in the development of speedaccident models such as those in these road-based studies is far from straightforward. The complex interrelationships between the variables means that extensive databases and sophisticated statistical analysis techniques are required. A particular problem is that the key variables sometimes interact in such a way that the effect of interest (here the association between speed and accidents) is masked by correlations between these variables and a third variable (the 'masking' variable).“

⁴² Im Original Text wird von „rural single-carriageway roads“ gesprochen. Dies heißt so viel wie ländlich Straßen mit einer Fahrbahn. Diese Straßen beinhalten ausdrücklich nicht die „Motorways“, also die Autobahnen. Die rural single-carriageway roads werden der deutschen Bezeichnung Landstraße gleichgesetzt.

⁴³ Die komplette Studie ist im Anhang enthalten.

bestimmte Straßenabschnitte die zu erwartende Anzahl der Unfälle (**Accident Frequency AF**) angegeben werden (sofern die Randparameter bekannt sind).

$$AF_a = (3,152 * 10^{-7}) * Q^{0,728} * L^{1,039} * V_{Rm}^{2,431} * G_i * e^{[0,121 * DS + 0,286 * DX]} \quad (8)$$

Mit	AF _a	[U/a]	Anzahl der Unfälle im Jahr
	Q	[Kfz/24h]	Verkehrsmenge
	L	[km]	Länge eines Landstraßenabschnitts
	V _{Rm}	[km/h]	Mittlere gefahrene Geschwindigkeit
	G _i	[-]	Gruppenfaktor
	DS	[%]	Anteil von scharfen Kurven
	DX	[-]	Dichte der Knotenpunkte

Der wesentlichen Unterschied zum *EURO model* liegt im weitestgehenden Fehlen von nicht zu bestimmenden Interaktionen der Variablen zueinander. So ist der Anteil der Schnellfahrer (P) aus dem *EURO model* in Abhängigkeit von einer wählbaren mittleren gefahrenen Geschwindigkeit V_{Rm} nicht zu bestimmen. Deshalb und aufgrund der größeren Anzahl von untersuchten homogenen Straßenabschnitten wird nachfolgend das *Level 2 model* weiter betrachtet.

[TAYLOR 2002] führt weiterhin aus, dass dieses Modell direkt verwendet werden kann, um die proportionale Veränderung der Anzahl der Unfälle in Abhängigkeit von einer bekannten Veränderung der Geschwindigkeit anzugeben. [TAYLOR 2002] gibt dazu folgende Gleichung an:

$$\Delta AF_a = \frac{2,431}{V_{Rm,Null}} * AF_{a,Null} * 100 \quad (9)$$

Mit	ΔAF _a	[%]	Veränderung von AF _a je Veränderung von V _{Rm} [miles/h]
	AF _{a,Null}	[U/a]	Bekannte Anzahl der Unfälle im Jahr
	V _{Rm,Null}	[miles/h]	Bekannte mittlere gefahrene Geschwindigkeit

Diese Gleichung sagt aus, dass sich z.B. bei einer mittleren tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit von $V = 50$ [miles/h] die Anzahl der Unfälle um 4,86 Prozent je Mile Geschwindigkeitsveränderung ΔV_{Rm} pro Stunde reduziert bzw. erhöht.

Für die hier betrachtete Aufgabenstellung ist dies ein geeigneter Ansatz, um den Einfluss der Ausbaugeschwindigkeit auf das Unfallgeschehen zu beschreiben. Folgende Grundvoraussetzungen sollten jedoch erfüllt sein:

- Die statistische Grundlage für das *Level 2 model* sollte in etwa den in Deutschland anzutreffenden Randbedingungen entsprechen, z.B. welche Unfälle erfasst wurden, die Unfallrate etc..
- Es muss nachgewiesen werden, dass sich mit der Vorgabe einer differenzierten Ausbaugeschwindigkeit die Geschwindigkeit V_{Rm} auch tatsächlich ändert.
- Die Geschwindigkeit V_{Rm} ist in Abhängigkeit von der Ausbaugeschwindigkeit zu bestimmen.

7.3 Vergleich der Randbedingungen zwischen England und Deutschland

7.3.1 Überprüfen der statistischen Grundlage

[TAYLOR 2002] versteht unter dem Begriff Unfälle die Anzahl von „fatal, serious and slight accidents.“ In der nachfolgenden Tabelle werden diese Begriffe übersetzt und mit den in Deutschland verwendeten Definitionen verglichen.

England		Deutschland	
Traffic Accident (Verkehrsunfall)	Unfälle auf öffentlichen Straßen mit mindestens einem fahrenden Fahrzeug und dem Tod oder der Verletzung einer Person. Unfälle mit nur materiellem Schaden werden nicht erfaßt.	Verkehrsunfall	Unfälle auf öffentlichen Straßen oder Plätzen mit mindestens einem sich bewegenden Fahrzeug, in deren Folge Personen verletzt oder getötet wurden oder materieller Schaden (Sachschaden) entsteht. Unfälle mit Sachschaden werden nur registriert, wenn als Unfallursache ein Verstoß (z.B. Fahren unter Alkoholeinfluss) vorliegt.
Injury Accidents (Verletzungsunfälle)	Unfälle auf öffentlichen Straßen mit mindestens einem Fahrzeug, bei denen Personen verletzt oder getötet wurden.	U (P) Unfälle mit Personenschaden	Unfälle mit Personenschaden, bei denen unabhängig von der Höhe des Sachschadens Personen verletzt oder getötet wurden.
Fatal Injury (Tödliche Verletzung)	Getötete Personen, die innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen starben.	Unfälle mit Getöteten (GT)	Getötete Personen, die innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen starben.
Seriously Injured (Ernsthaft verletzt)	Eine Verletzung, aufgrund derer sich eine Person in einem Krankenhaus als stationärer Patient aufgehalten hat. Oder einige der folgenden Verletzungen, ungeachtet dessen, ob sie im Krankenhaus war: Brüche, Erschütterung, innere Verletzungen, schwerwiegende Schnitte und Kratzwunden, schwerwiegender allgemeiner Schock der eine ärztliche Behandlung erforderte.	Unfälle mit Schwerverletzten (SV)	Schwerverletzte Personen, die unmittelbar zur stationären Behandlung (mindestens 24 Stunden) in einem Krankenhaus aufgenommen wurden.
Slightly Injured Leicht verletzt	Geringfügige Verletzungen wie Verstauchungen, Druckstellen oder Schnitte, die die Fahrtüchtigkeit nicht beeinflussen. Schließt allerdings einen leichten Schock ein.	Unfälle mit Leichtverletzten	Alle übrigen Verletzten.
KSI (killed or seriously injured) (getötet oder ernsthaft verletzt)	Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten.	U (GT,SV)	Unfälle mit Getöteten und Schwerverletzten.

Tabelle 7.2: Unfall und Verletzungsdefinitionen: Vergleich England zu Deutschland
[Eigene Darstellung; Nielsen et. al. 1998]

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die von [TAYLOR 2002] untersuchten Unfälle denen mit der in Deutschland gebräuchlichen Bezeichnung „Unfälle mit Personenschaden U(P)“ gleichgesetzt werden können.

7.3.2 Unfallgeschehen in England und Deutschland

Bei den statistischen Untersuchungen von [TAYLOR 2002] wurden Unfälle zwischen den Jahren 1992 bis 1998 mit in die Untersuchung einbezogen. Die mittlere Unfallrate für U(P) lag von 1994 bis 1998 auf dem untersuchten klassifizierten Straßennetz in England zwischen 31⁴⁴ (für die als „A-Roads“ klassifizierten Straßen) und 55 [U(P)/(10⁸vehicles km)] (für die als „B- und C-Roads“ klassifizierten und andere Straßen). Die Angaben des Statistischen Bundesamtes enthalten keine entsprechenden Zahlen für Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften ohne Bundesautobahnen⁴⁵. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Fahrleistungen in Deutschland, untergliedert in Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, nur

⁴⁴ vgl.: *Road Casualties Great Britain 2004* Seite 50

⁴⁵ vgl. *Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Verkehrsunfälle Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle 2000*

bis 1990 statistisch ausgewiesen werden⁴⁶. Insofern können nur die Angaben zu den Unfallraten aus den [EWS FGSV 1997] zum Vergleich herangezogen werden. Für die verschiedenen hier relevanten Straßentypen sind dort Unfallraten zwischen 31,5 (RQ 10,5), 48,3 (RQ 7,5) und 51,2 (RQ 9,5) $[U(P)/(10^8 \text{Kfz km})]$ angegeben. Bezogen auf das betrachtete Straßennetz ist die Höhe der Unfallraten in beiden Ländern danach vergleichbar.

7.3.3 Außerortsstraßen in England und Deutschland

Das Untersuchungskollektiv umfasste das gesamte Spektrum der in England vorkommenden einbahnigen Außerortsstraßen ohne Autobahnen. [LEUTZBACH 1988] gibt an, dass „die Entwurfsrichtlinien für Landstraßen der beiden Staaten ... sich in ihren Anforderungen sehr ähnlich (sind)“.

7.3.4 Zulässige Höchstgeschwindigkeiten in England und Deutschland

Alle Straßenabschnitte des Untersuchungskollektivs in England waren auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 [miles/h] (96 [km/h]) beschränkt. Dies entspricht etwa der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] in Deutschland.

7.3.5 Sonstiges

Hinsichtlich der in Gleichung (8) einfließenden Größen DS (Anteil von scharfen Kurven) und DX (Dichte der Knotenpunkte) liegen aus Deutschland keine Angaben vor.

7.3.6 Ergebnis des Vergleichs

Da sich keine grundsätzlichen Unterschiede aus dem Vergleich erkennen lassen, wird zusammenfassend festgehalten, dass für die Zielstellung der vorliegenden Arbeit die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse von [TAYLOR 2002] auf deutsche Verhältnisse angenommen werden kann.

⁴⁶ vgl.: Bundesanstalt für Straßenwesen, DER ELSNER; Verkehr in Zahlen 2003/2004

7.4 Einfluss differenzierter Ausbaugeschwindigkeiten auf die Geschwindigkeit V_{Rm}

7.4.1 Geschwindigkeitsbegriffe

[**SALTER et. al. 1996**] geben für England folgende Geschwindigkeitsdefinitionen an:

- Wenn Fahrzeuggeschwindigkeiten an einem Ort über eine bestimmte Zeitdauer gemessen und die gemessenen Geschwindigkeiten arithmetisch gemittelt werden, so ist dies die „*time mean speed*“.
- Wenn Fahrzeuggeschwindigkeiten über eine bestimmte Strecke bestimmt werden, so ist dies die „*space mean speed*“.

Die Vorgehensweise bei der Bestimmung von gefahrenen Geschwindigkeiten und der Umgang mit den Messergebnissen in beiden Ländern erscheint ähnlich. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass für die Zielstellung der vorliegenden Arbeit die von [TAYLOR 2002] verwendete Bezeichnung „*mean speed*“ und die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit V_R synonym zu verwenden sind. Im Folgenden wird diese Festlegung durch die Bezeichnung *Geschwindigkeit* V_{Rm} verdeutlicht, die auch schon in den obigen Gleichungen verwendet wurde.

7.4.2 Zusammenhang zwischen zulässiger Höchstgeschwindigkeit und Geschwindigkeit V_{Rm} auf Außerortsstraßen

Mit der Festlegung differenzierter Ausbaugeschwindigkeiten werden per Definition auch die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes verändert. Den Untersuchungen von [**LIPPHARD, MEEWES 1994**] an 21 Meßstellen auf Bundes- und Landstraßen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt zum Fahrverhalten frei fahrender Pkw bei zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 80 und 100 [km/h] ist zu entnehmen, dass die Verteilungsfunktion der gemessenen lokalen Geschwindigkeiten ähnliche Kurvenverläufe aufweisen, jedoch auf der Abszissenachse parallel verschoben sind.

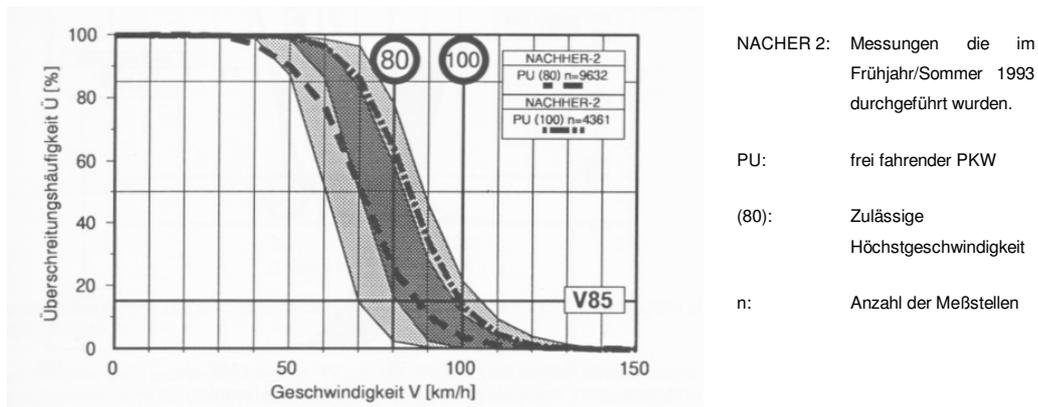


Abbildung 7.4: Verteilungsfunktionen lokaler Geschwindigkeiten bei differenzierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für Außerortsstraßen
[LIPPHARD, MEEWES 1994; Bild 2]

Mit der Differenzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird demnach ein abgestuftes „Geschwindigkeitsniveau“ der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit erreicht. Diese Abstufung führt aber nicht zu einer grundsätzlichen Veränderungen der Geschwindigkeitsverteilung. Analog zu dieser Erkenntnis wird gefolgert, dass sich die Geschwindigkeit V_{Rm} ebenfalls in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und im Rahmen der vorliegenden Arbeit damit auch von der Ausbaugeschwindigkeit V_A , ändert.

7.4.3 Bestimmen der Geschwindigkeit V_{Rm} auf Außerortsstraßen

Über die in dem Umlegungsmodell implementierten Berechnungsalgorithmen wurde die Geschwindigkeit V_{Rm} innerhalb des verwendeten Modells für das Untersuchungsgebiet berechnet, im Einzelnen mit folgenden Ergebnissen:

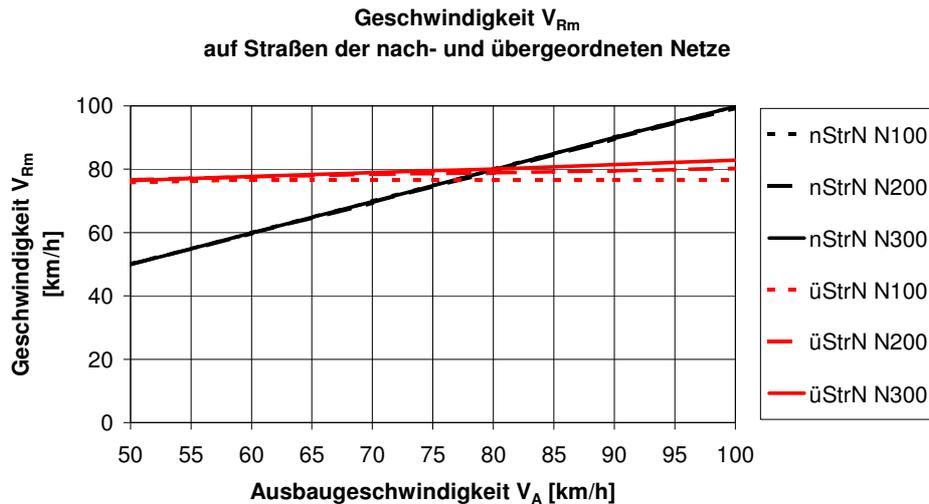


Abbildung 7.5: Geschwindigkeit V_{Rm} in Abhängigkeit von verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten auf Außerortsstraßen

[Eigene Darstellung]

- Mit der Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit von $V_A = 50$ auf $V_A = 100$ [km/h] im nachgeordneten Straßennetz erhöht sich die Geschwindigkeit V_{Rm} auf den übergeordneten Straßennetzteilen um maximal ca. 10 Prozent. Diese Veränderung ist auf die Verkehrsverlagerung vom übergeordneten auf das nachgeordnete Straßennetz zu begründen. Demzufolge fahren weniger Fahrzeuge auf dem übergeordneten Straßennetz, dafür aber schneller.
- Auf den nachgeordneten Straßennetzteilen entspricht die Geschwindigkeit V_{Rm} etwa der vorgegebenen Ausbaugeschwindigkeit. Davon ausgehend, dass bei einer mittleren Frontzeitlücke von 8 Sekunden **[BRANNOLTE et al. 1983]** und damit überschlägig bei einer Gesamtverkehrsstärke von bis zu 450 [Kfz/h] noch von frei fahrenden Fahrzeugen gesprochen werden kann, ist auch dieses Ergebnis für ein nachgeordnetes Straßennetz mit maximal 300 [Kfz/h] nachvollziehbar.
- Die Geschwindigkeit V_{Rm} verändert sich innerhalb des Innerortsnetzes und auf den Bundesautobahnen nicht, d.h. differenzierte Ausbaugeschwindigkeiten innerhalb des nachgeordneten Straßennetzes führen im Untersuchungsgebiet nicht zu einer maßgebenden Veränderung des Geschwindigkeitsniveaus auf den vorab genannten Straßennetzteilen. Dieses Ergebnis war aufgrund der geringen Gesamtverkehrsstärke auf den nachgeordneten Straßennetzteilen im Zusammenspiel mit den nachgewiesenen Verlagerungseffekten zu erwarten. Innerhalb des Untersuchungsgebietes werden auf dem Innerortsnetz und den Bundesautobah-

nen ca. 70 Prozent der gesamten Fahrleistungen erbracht. Die maximale Differenz zwischen der minimalen und maximalen erreichten Fahrleistung beträgt auf diesen Straßennetzteilen weniger als drei Prozent.

Die nachfolgende Tabelle fasst alle Berechnungsergebnisse der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit V_{Rm} für alle Straßennetzteile in Abhängigkeit von der Ausbaugeschwindigkeit V_A zusammen.

Geschwindigkeit V_{Rm} der Kfz im Untersuchungsgebiet in [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A		50	60	70	80	90	100	Ausbaugeschwindigkeit V_A		50	60	70	80	90	100		
Geschwindigkeit V_{Rm}		$V_{Rm,Null}$	$V_{Rm,VA50}$	$V_{Rm,VA60}$	$V_{Rm,VA70}$	$V_{Rm,VA80}$	$V_{Rm,VA90}$	$V_{Rm,VA100}$	Geschwindigkeit V_{Rm}		$V_{Rm,Null}$	$V_{Rm,VA50}$	$V_{Rm,VA60}$	$V_{Rm,VA70}$	$V_{Rm,VA80}$	$V_{Rm,VA90}$	$V_{Rm,VA100}$
[km/h]		[km/h]	[km/h]		[km/h]												
innerorts Netz	iStrN N100	46	46	46	46	46	46	46	außerorts Netz	aStrN N100	74	74	75	76	77	79	80
	iStrN N200	46	46	46	46	46	46	46		aStrN N200	74	73	75	77	79	81	84
	iStrN N300	46	46	46	46	46	46	46		aStrN N300	74	73	75	78	80	83	86
nachgeordnetes Netz	nStrN N100	49	50	60	70	80	90	100	BAB	BAB N100	103	103	103	103	103	103	103
	nStrN N200	52	50	60	69	79	90	99		BAB N200	103	103	103	103	103	104	104
	nStrN N300	57	50	60	70	80	90	100		BAB N300	103	103	103	103	103	103	104
übergereordnetes Netz	üStrN N100	76	76	77	77	77	77	77	gesamtes Netz	gStrN N100	74	74	74	75	75	76	76
	üStrN N200	77	77	78	78	79	80	80		gStrN N200	74	74	75	75	76	76	77
	üStrN N300	77	76	78	79	80	81	83		gStrN N300	74	74	74	75	76	77	77

Tabelle 7.3: Geschwindigkeit V_{Rm} der Kfz im Untersuchungsgebiet
[Eigene Darstellung]

Die in der vorangestellten Tabelle enthaltene Geschwindigkeit $V_{Rm,Null}$ bezeichnet die vorhandene Situation. Die weiteren aufgeführten Geschwindigkeiten stellen das Geschwindigkeitsniveau dar, das sich unter Berücksichtigung der Ausbaugeschwindigkeit V_A im nachgeordneten Straßennetz auf den verschiedenen Straßennetzteilen einstellt ($V_{Rm,VA}$).

Für das Untersuchungsgebiet kann die Veränderung der Anzahl der Unfälle mit Personenschaden $U(P)$ für alle Straßennetzteile mit folgenden Gleichungen errechnet werden:

$$\Delta V_{Rm,Netz} = V_{Rm,V_A,Netz} - V_{Rm,Null,Netz} \quad (10)$$

$$AF(P)_{a,V_A,Netz} = \left[AF_{a,U(P),Netz} * \Delta V_{Rm,Netz} * \frac{2,341}{V_{Rm,Null,Netz}} \right] * \frac{L_{Ug,Netz}}{L_{BRD,Netz}} \quad (11)$$

Mit	$AF(P)_{a,V_A,Netz}$	[U(P)/a]	Erwartete Anzahl der U(P) im Jahr in Abhängigkeit von V_A je betrachtetem Straßennetzteil
	$AF_{a,U(P),Netz}$	[U(P)/a]	Vorhandene Anzahl der U(P) im Jahr je betrachtetem Straßennetzteil
	$\Delta V_{Rm,Netz}$	[km/h]	Geschwindigkeitsveränderung je betrachtetem Straßennetzteil
	$V_{Rm,Null,Netz}$	[km/h]	Bezeichnet das vorhandene Geschwindigkeitsniveau auf den verschiedenen Straßennetzteilen
	$V_{Rm,V_A,Netz}$	[km/h]	Bezeichnet das Geschwindigkeitsniveau, dass sich unter Berücksichtigung der Ausbaugeschwindigkeit V_A je betrachtetem Straßennetzteil einstellt
	$L_{Ug,Netz}$	[km]	Länge des betrachteten Straßennetzes im Untersuchungsgebiet
	$L_{BRD,Netz}$	[km]	Länge des betrachteten Straßennetzes in Deutschland

Die Berechnung von $AF(P)_{a,V_A,Netz}$ für das hier betrachtete Straßennetz außerorts ist dem Anhang zu entnehmen. Die nachfolgende Abbildung gibt die Berechnungsergebnisse für das übergeordnete und das nachgeordnete Straßennetz wieder.

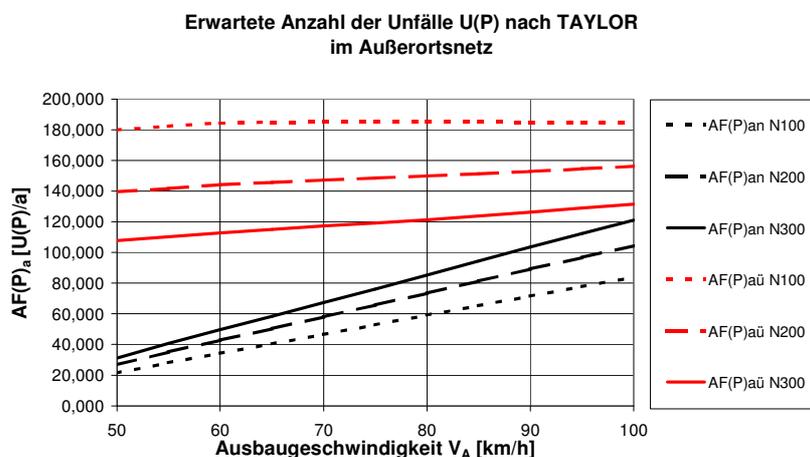


Abbildung 7.6: Erwartete Anzahl der Unfälle nach [TAYLOR 2002]
[Eigene Darstellung]

Mit der Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit von $V_A = 50$ auf $V_A = 100$ [km/h] erhöht sich die zu erwartende Zahl der Unfälle auf den übergeordneten Straßennetzteilen um ca. 20 Prozent, auf den nachgeordneten Straßennetzteilen *vervierfacht* sie sich. Dieser Unterschied leitet sich aus der Tatsache ab, dass die Geschwindigkeitsveränderung ΔV_{Rm} auf den nachgeordneten Straßennetzteilen aufgrund des niedrigen

Ausgangsniveaus mit $V_{Rm,Null} \leq 60$ [km/h] hoch ist, die Geschwindigkeitsveränderung ΔV_{Rm} auf den übergeordneten Straßennetzteilen jedoch maximal 6 [km/h] beträgt.

7.5 Schlussfolgerung

Wie bereits hergeleitet geht der Ansatz der [EWS FGSV 1997] davon aus, dass Unfallkosten sich mit der Fahrleistung ändern. Die Bewertungsgröße dafür ist die Unfallkostenrate. Meewes [in: EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002] führt aus, dass die Unfallkostenraten den durchschnittlichen volkswirtschaftlichen Kosten entsprechen, die durch Straßenverkehrsunfälle bei einer entsprechenden Fahrleistung entstehen. Sie wurden „auf der Grundlage von durchschnittlichen Unfallraten UR [$U/(10^6$ Kfz km)] (also der durchschnittlichen Unfallzahl, die auf eine Fahrleistung von [10^6 Kfz km] anfällt) unterschieden nach Personenschaden (P) und solchen mit Sachschaden (S) – und mittleren Unfallkostensätzen WU [1000 €/U] (ermittelt).“ Aus dieser Vorgehensweise wird deutlich, dass nur über die *Veränderung der Fahrleistung* oder die Verwendung eines anderen Straßentyps⁴⁷ und einer damit veränderten Unfallkostenrate Geschwindigkeitseinflüsse berücksichtigt werden können. Demgegenüber beschäftigten sich die vorangestellten Kapitel mit der Fragestellung, ob ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit (und der damit tatsächlich erreichbaren *Geschwindigkeit*) und dem Unfallgeschehen hergestellt werden kann. Der Ansatz von [TAYLOR 2002] wurde als dafür geeignet herausgearbeitet. Bei diesem Ansatz fehlt jedoch der Bezug zur Verkehrsmenge bzw. der Fahrleistung.

Aus diesen Gründen werden nachfolgend die Unfallkosten sowohl nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] als auch nach dem von [TAYLOR 2002] berechnet, gegenübergestellt und anschließend diskutiert.

⁴⁷ Die [EWS FGSV 1997] führen zu dem Begriff „Streckentyp“ aus: „Die funktionale Beschreibung des Verkehrsablaufes nach Verkehrsstärken, Verkehrszusammensetzung und Geschwindigkeiten der Fahrzeuggruppen in Abhängigkeit von den Streckenmerkmalen bildet die Grundlage zur Ermittlung des Mengengerüsts für die Ermittlung der Nutzen.“ Diese Beschreibung wird in Streckentypen zusammengefasst, die bei Landstraßen mit den Regelquerschnitten übereinstimmen.

8 Berechnen der Nutzerkosten

8.1 Allgemeine Erläuterungen

Durch die Variation der Ausbaugeschwindigkeit auf den Strecken des nachgeordneten Straßennetzes ergeben sich Verkehrsverlagerungen auf allen Straßen des gesamten Straßennetzes, also nicht nur im nachgeordneten Straßennetz. Die Summen der sich aus diesen Verkehrsverlagerungen ergebenden Fahrzeit- und Fahrleistungsänderungen sind für die nachfolgende wirtschaftliche Betrachtung maßgebend. Die ausführlichen Berechnungen sind den Anlagen zu entnehmen.

Die Nutzerkosten werden für den Preisstand des Jahres 2000 ermittelt. Für dieses Jahr werden in den [EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002] die aktuellen Unfallkosten angegeben. Die eventuell notwendige Anpassung der anderen Nutzerkosten auf dieses Jahr ist nach den Vorgaben der [EWS FGSV 1997] über Korrekturfaktoren möglich. Alle Angaben erfolgen in Euro. Soweit erforderlich, wurden die Preisangaben von DM auf Euro mit dem Faktor 2 umgerechnet.

Nachfolgende Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf das Untersuchungsgebiet.

8.2 Auswahl der Fahrzeuggruppen

In Bezug auf die Fahrzeuggruppe (Fz) „Pkw (P)“ unterscheidet die [EWS FGSV 1997] zwischen den Fahrzeuguntergruppen (FG) „benzingetriebene Pkw (PO)“ und „dieselgetriebene Pkw (PD)“. Für die Berechnung der Nutzerkosten werden folgende Festlegungen getroffen:

- 30 Prozent der fabrikneu zugelassenen Personenkraftwagen waren im Jahr 2000 der Fahrzeuggruppe (PD) zuzuordnen, Tendenz steigend [**KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2001**]. Auch aufgrund der aktuellen Ölpreisentwicklung wird in den nachfolgenden Berechnungen von einem 50 -prozentigen Anteil ausgegangen.

- In Bezug auf die Fahrzeuggruppe (L) sind die Eingangsgrößen der Modellierung zu berücksichtigen. Die Nutzerkosten der Fahrzeuggruppe (L) werden deshalb aus den Angaben zur Fahrzeuguntergruppe (LS) bestimmt.
- Der Fahrzeuggruppe (L) wird weiterhin auch der Wirtschaftsverkehr zugeordnet.

8.3 Veränderung der Betriebskosten

8.3.1 Allgemeine Beschreibung

Nach den [EWS FGSV 1997] werden bei den Betriebskosten geschwindigkeitsabhängige und geschwindigkeitsunabhängige Kostenarten unterschieden. Die geschwindigkeitsunabhängigen Kosten werden über die Betriebskosten-Grundwerte (BGW) erfasst. Sie enthalten „Abschreibungen der Fahrzeuge, Instandhaltung, Wartung, Reifenverschleiß und Ölverbrauch.“

Die geschwindigkeitsabhängigen Kosten werden über den Kraftstoffverbrauchsfaktor (KF) „in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (V_{Rm}), der Längsneigung (s) und den zukünftigen technischen Reduktionspotentiale (k_f)“ beschrieben.

Die Betriebskosten werden weiterhin für unterschiedliche Fahrzeuggruppen berechnet. Die Gleichung für die Berechnung des Kraftstoffverbrauchsfaktors ergibt sich für $V_{Rm} > 20$ [km/h] wie folgt :

$$KF_{FG} = (EF_{FG, j=KF}(V_{Rm})) * (SF_{FG}(V_{Rm}, s)) * (kf_{FG}(J)) \quad (12)$$

Mit:	KF_{FG}	[g/(Kfz km)]	Kraftstoffverbrauchsfaktor je FG
	EF_{FG}	[g/(Kfz km)]	Emissionsfaktoren, abhängig von FG und V_{Rm}
	V_{Rm}	[km/h]	Mittlere gefahrene Geschwindigkeit
	SF_{FG}	[-]	Korrekturfaktor für die Längsneigung, abhängig von FG, V_{Rm} und s
	kf_{FG}	[-]	Minderungsfaktor, abhängig von der FG und dem Bezugsjahr J
	s	[%]	Längsneigung, hier: Durchschnittliche je betrachtetem Straßennetzteil
	j	[-]	Index der Schadstoffarten Hier: KF=Kraftstoffverbrauch
	FG	[-]	Fahrzeuguntergruppe
	J	[-]	Bezugsjahr

Die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten je Fahrzeuggruppe und betrachtetem Straßennetz ergeben sich über folgende Gleichung:

$$BK(FL)_{FG} = BGW_{FG} + \frac{1}{10} * KF_{FG} * BK(B;D) \quad (13)$$

Mit:	$BK(FL)_{FG}$	[€/100 Kfz km]	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten je FG
	BGW_{FG}	[€/100 Kfz km]	Betriebskosten-Grundwert je FG
	KF_{FG}	[g/(Kfz km)]	Kraftstoffverbrauchsfaktor je FG
	$BK(B;D)$	[€/kg]	Kraftstoffkostensatz für Benzin oder Diesel
	FG	[-]	Fahrzeuguntergruppe

Für die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten lassen sich folgende prinzipiellen Kurven, dargestellt am Beispiel der Fahrzeuguntergruppe PO, bestimmen:

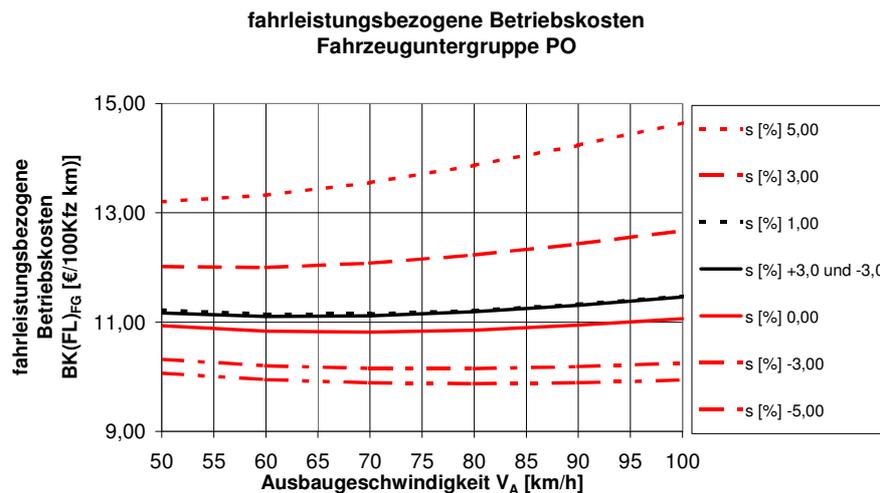


Abbildung 8.1: Fahrleistungsbezogene Betriebskosten (PO)

[Eigene Darstellung]

Die [EWS FGSV 1997] gehen bei der Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs-faktors von der fahrtrichtungsbezogenen Betrachtung einzelner Netzabschnitte aus. Hintergrund dieser Betrachtungsweise ist, dass der Kraftstoffverbrauch davon abhängig ist, ob eine Gefälle- oder eine Steigungsstrecke befahren wird (siehe obige Abbildung). Geht man davon aus, dass die Routen in beide Fahrtrichtungen gleich belastet werden. Die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten errechnen sich in diesem Fall als a-

rithmetischer Mittelwert der fahrleistungsbezogenen Betriebskosten der bergauf und bergab fahrenden Fahrzeuge.

Aus der obenstehenden Abbildung wird jedoch deutlich, dass z.B. bei einer durchschnittlichen Neigung von 3 Prozent die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten des arithmetischen Mittelwertes nicht den fahrleistungsbezogenen Betriebskosten von 0 Prozent, sondern denen von 1 Prozent entsprechen.

Folgende durchschnittliche Neigungen werden den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt:

- Innerortsnetz: Die Stadt Gera mit dem maßgebenden innerörtlichen Verkehrsaufkommen liegt im weitläufigen Tal der Weißen Elster. Die durchschnittliche Neigung des Innerortsnetzes wird deshalb mit $s = \pm 0$ [%]⁴⁸ abgeschätzt.
- Außerortsnetz: Ortskenntnis und die Analyse topographischer Karten führen zu der Abschätzung, dass die durchschnittliche Neigung der Straßen des Außerortsnetzes im Untersuchungsgebiet $s = \pm 3$ [%] beträgt. Die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten sind mit der fahrleistungsbezogenen Betriebskostenkurve von 1 Prozent zu berechnen.
- BAB: Die gleichen Grundlagen führen dazu, die mittlere Neigung der Bundesautobahnen im Untersuchungsgebiet auf $s = \pm 2$ [%] zu schätzen. Dies entspricht der fahrleistungsbezogenen Betriebskostenkurve von 0,5 Prozent.

8.3.2 Veränderung der jährlichen Betriebskosten

Die allgemeine Gleichung für die Berechnung der jährlichen Betriebskosten leitet sich in Anlehnung an die [EWS FGSV 1997] wie folgt her:

⁴⁸ „±“ deshalb, da die Fahrzeuge sowohl bergauf als auch bergab fahren.

$$BK_{a,Netz} = \left(\sum_{FG,Netz} BK(FL)_{FG,Netz} * FL_{a,FG,Netz} \right) \quad (14)$$

Mit:	$BK_{a,Netz}$	[€/a]	Jährliche Betriebskosten je betrachtetem Straßennetzteil
	$BK(FL)_{FG,Netz}$	[€/(1000 Kfz km)]	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten je FG und betrachtetem Straßennetzteil
	$FL_{a,FG,Netz}$	[(1000 Kfz km)/a]	Fahrleistung im Jahr je FG und betrachtetem Straßennetzteil
	FG	[-]	Fahrzeuguntergruppe

Die Betriebskosten-Grundwerte für die Fahrzeuggruppen und die Kraftstoffkostensätze für die Kraftstoffart (Benzin oder Diesel) sind den [EWS FGSV 1997] zu entnehmen. Die Fahrleistungen ergeben sich aus den Ergebnissen der Umlegungsrechnungen. In der nachfolgenden Grafik sind die SV(FL)-Anteile mit berücksichtigt.

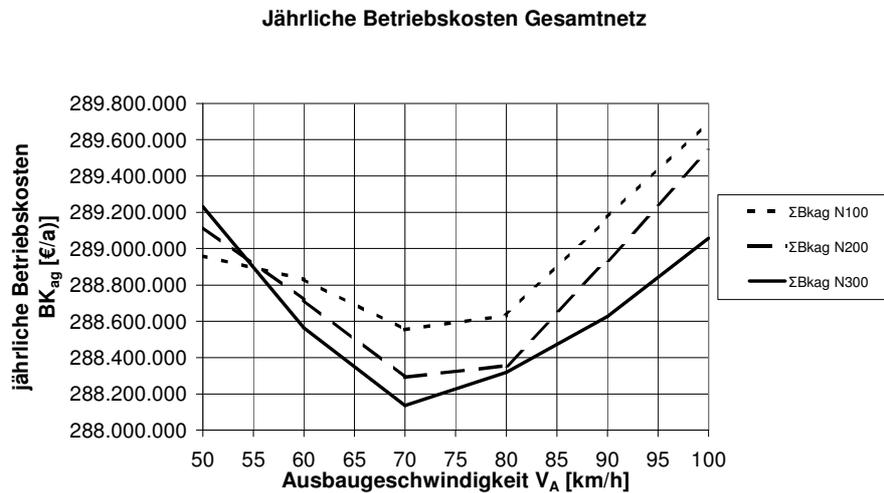


Abbildung 8.2: Jährliche Betriebskosten im Gesamtnetz
 [Eigene Darstellung]

Minimale jährliche Betriebskosten stellen sich beim N300`er Netz bei einer Ausbaugeschwindigkeit von $V_A=70$ [km/h] ein. Mit dem Verlust des Zusammenhangs der Strecken im nachgeordneten Straßennetz zueinander verschiebt sich das Minimum.

8.4 Veränderungen der jährlichen Unfallkosten

8.4.1 Allgemeine Erläuterungen

Wie im Kapitel 7 hergeleitet geht der Ansatz der [EWS FGSV 1997] von durchschnittlichen Unfallkostenraten aus, die auf der Grundlage von Unfällen mit Personenschäden U(P) und *Schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden* U(SS)⁴⁹ ermittelt werden können. Der Ansatz von [TAYLOR 2002] berücksichtigt die U(SS) nicht.

Um eine Vergleichbarkeit beider Ansätze zu ermöglichen, muss entweder der Ansatz von [TAYLOR 2002] um die U(SS) erweitert werden oder es können nur die Unfallkosten U(P) berücksichtigt werden. Da die Erweiterung des Taylor-Ansatzes an fehlenden Untersuchungen scheitert, werden im folgenden nur die Unfallkosten U(P) berechnet.

Da die pauschalen Kostensätze für die Unfallstruktur des Jahres 1992 gelten [EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002], müssen die Unfallkostensätze (WUa(P)) in [€/U(P)] an das Unfallgeschehen in Deutschland im Jahr 2000 angepasst werden. Dies erfolgte für alle Straßennetzteile mit den in den [EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002] für das Jahr 2000 angegebenen Kostensätzen für Verunglückte (WUV) in [€/Pers.] und Sachschäden (WUS) in [€/U].

Den verschiedenen Straßennetzteilen wurden die folgenden Straßentypen und Unfallraten nach den [EWS FGSV 1997] zugeordnet⁵⁰:

⁴⁹ Quelle: **STATISTISCHES BUNDESAMT 2000** (Hrsg.), *Verkehrsunfälle Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle*: Schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden i.e.S. sind Unfälle, bei denen als Unfallursache eine Ordnungswidrigkeit (Bußgeld) oder Straftat im Zusammenhang mit der Teilnahme am Straßenverkehr vorliegt, und bei denen gleichzeitig ein Kraftfahrzeug aufgrund eines Unfallschadens von der Unfallstelle abgeschleppt werden muss (Kfz nicht fahrbereit), dies betrifft auch Fälle mit Alkoholeinwirkung.

⁵⁰ Die zugehörigen Berechnungen der verwendeten angepassten Unfallkostensätze sind im Anhang belegt.

- Innerortsnetz: Straßentyp 5.12 (1 Fahrstreifen je Richtung, geschlossene Bebauung) mit $WUa(P) = 36.196 \text{ [€/U(P)]}$.
- Nachgeordnetes Straßennetz: Berücksichtigung der Straßentypen 2.14 (RQ 7,5) und 2.13 (RQ 9,5). Daraus folgt ein Mittelwert von $WUa(P) = 96.038 \text{ [€/U(P)]}$.
- Übergeordnetes Straßennetz: Straßentyp 2.12 (RQ 10,5), mit $WUa(P) = 111.111 \text{ [€/U(P)]}$.
- Bundesautobahnen: Straßentyp 1.21 (RQ 29,5) mit $WUa(P) = 107,371 \text{ [€/U(P)]}$:

8.4.2 Bestimmung nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997]

Die Unfallkostenraten berechnen sich wie folgt:

$$UKR(P)_{EWS, Netz} = \sum_{Netz} UR(P)_{Netz} * WUa(P)_{Netz} * 1000 \quad (15)$$

Mit: $UKR(P)_{EWS, Netz}$ [€/ (1000 Kfz km)] Unfallkostenrate für U(P) nach den EWS je betrachtetem Straßennetzteil
 $UR(P)_{Netz}$ [U/ (10⁶ Kfz km)] Unfallrate für U(P) je betrachtetem Straßennetzteil
 $WUa(P)_{Netz}$ [€/U(P)] Angepasste Unfallkostensätze für U(P) je betrachtetem Straßennetzteil

Die nachfolgende Tabelle dokumentiert die Berechnungsergebnisse.

RQ	Vorgaben nach den [EWS FGSV 1997]		Berechnete Anpassung auf das Jahr 2000 Unfallkostensatz WUa(P) [1000 €/U]	Ergebnis Unfallkostenrate UKR(P) [€/ (1000 Kfz km)]
	Straßentyp	Unfallrate UR (P) [U/ (10 ⁶ Kfz km)]		
io	5.12	1,720	36,196	62,26
7,5	2.14	0,483	96,038	23,19
9,5	2.13	0,512	111,111	35,00
10,5	2.12	0,315	107,371	15,78
29,5	1.21	0,147		

Tabelle 8.1: Berechnung der Unfallkostenrate
 [Eigene Darstellung]

Die Gleichung für die Berechnung von Unfallkosten nach den [EWS FGSV 1997] für die Unfälle mit Personenschaden U(P) leitet sich wie folgt her:

$$UK(P)_{a,EWS,Netz} = \sum_{Netz} UKR(P)_{EWS,Netz} * FL_{a,Netz} \quad (16)$$

Mit: $UK(P)_{a,EWS,Netz}$ [€/a] Jährliche Unfallkosten für U(P) nach den EWS je betrachtetem Straßennetzteil
 $UKR(P)_{EWS,Netz}$ [€/(1000 Kfz km)] Unfallkostenrate für U(P) nach den EWS je betrachtetem Straßennetzteil
 $FL_{a,Netz}$ [(1000 Kfz km)/a] Fahrleistung im Jahr je betrachtetem Straßennetzteil

Um beim nachfolgenden Vergleich der Unfallkosten nach den [EWS FGSV 1997] und nach [TAYLOR 2002] die Unterschiede zu veranschaulichen, werden die Veränderungen der Unfallkosten sowohl für das Außerortsnetz als auch für das Gesamtnetz dargestellt.

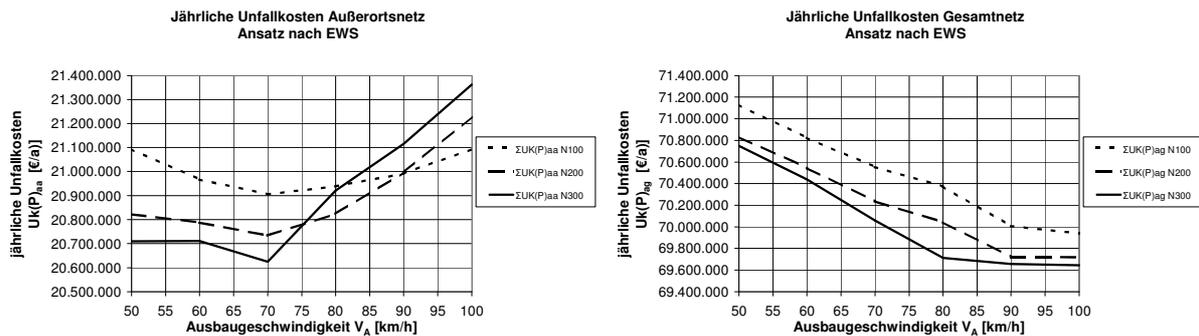


Abbildung 8.3: EWS: jährliche Unfallkosten im Außerorts- und im Gesamtnetz
 [Eigene Darstellung]

Die Unfallkosten verändern sich mit dem Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes sowohl im Außerortsnetz als auch im Gesamtnetz nur geringfügig.

Bei der Betrachtung des Außerortsnetzes sind minimale jährliche Unfallkosten bei einer Ausbaugeschwindigkeit von $V_A = 70$ [km/h] für das N300`er Netz zu erkennen.

Bei der Betrachtung des Gesamtnetzes sind für das N300`er Netz minimale jährliche Unfallkosten ab einer Ausbaugeschwindigkeit von ebenfalls $V_A = 70$ [km/h] zu erkennen.

8.4.3 Bestimmung nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002]

Der Ansatz von [TALOR 2002] ist nur für die Landstraßen gültig. Für diese werden auf der Grundlage der im Kapitel 7 berechneten und in Abbildung 7.6 dargestellten Veränderung der Anzahl der Unfälle mit Personenschaden die jährlichen Unfallkosten in Abhängigkeit differenzierter Ausbaugeschwindigkeiten errechnet.

Für das Innerortsnetz und die Bundesautobahnen werden weiterhin die Unfallkosten nach den [EWS FGSV 1997] angesetzt, da sich die einzige Einflussgröße, die zulässige Höchstgeschwindigkeit, nicht geändert hat.

Die Gleichung für die Berechnung von Unfallkosten nach [TAYLOR 2002] für die Unfälle mit Personenschaden $U(P)$ leitet sich wie folgt her:

$$UK(P)_{a,TAYLOR,Netz} = \sum_{Netz} AF(P)_{a,V_A,Netz} * WUa(P)_{Netz} \quad (17)$$

Mit	$UK(P)_{a,TAYLOR,Netz}$ [€/a]	Jährliche Unfallkosten für $U(P)$ nach TAYLOR je betrachtetem Straßennetzteil
	$AF(P)_{a,V_A,Netz}$ [$U(P)/a$]	Erwartete Anzahl der $U(P)$ im Jahr in Abhängigkeit von V_A je betrachtetem Straßennetzteil
	$WUa(P)_{Netz}$ [€/ $U(P)$]	Angepasste Unfallkostensätze für $U(P)$ je betrachtetem Straßennetzteil

Unterschieden nach Außerortsnetz und Gesamtnetz ergeben sich die jährlichen Unfallkosten für die $U(P)$ wie folgt:

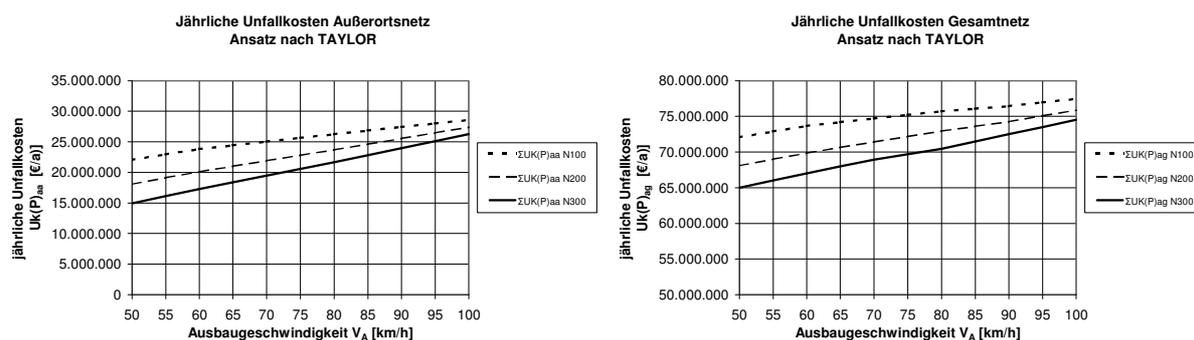


Abbildung 8.4: [TAYLOR 2002]: Jährliche Unfallkosten im Außerorts- und im Gesamtnetz
 [Eigene Darstellung]

Im Außerorts- und Gesamtnetz steigen die jährlichen Unfallkosten kontinuierlich mit der Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit V_A .

8.4.4 Diskussion der Ergebnisse

Der gravierende Unterschied zwischen den errechneten Ergebnissen nach den [EWS FGSV 1997] und denen nach [TAYLOR 2002] liegt darin, dass sich die maximale Differenz der jährlichen Unfallkosten wesentlich unterscheidet. Während die Unfallkosten im Gesamtnetz nach den [EWS FGSV 1997] zwischen 69,7 und 71,2 [Mio.€/a] schwanken, liegt die Schwankungsbreite nach [TAYLOR 2002] zwischen 65,0 und 78,0 [Mio.€/a]. Innerhalb des Außerortsnetzes ergibt sich ein ähnlich differenziertes Bild hinsichtlich der unterschiedlichen Schwankungsbreite.

Folgende Begründungen können für die Erklärung dieses Unterschiedes herangezogen werden:

- Den Berechnungsergebnissen aus der Umlegung ist zu entnehmen, dass die maßgebenden Effekte differenzierter Ausbaugeschwindigkeiten auf die kostenbestimmenden Parameter (Fahrleistung nach den [EWS FGSV 1997] und Geschwindigkeit V_{Rm} nach [TAYLOR 2002]) innerhalb der nachgeordneten Straßennetzeile zu beobachten sind. Dagegen verändern sie sich auf den übergeordneten und Innerortsnetzen und auf den Bundesautobahnen relativ zueinander nur geringfügig. Veränderungen der Unfallkosten errechnen sich somit bei beiden Ansätzen maßgeblich aus den Veränderungen innerhalb der nachgeordneten Straßennetzeile.
- Aus der in Deutschland zur Zeit gültigen zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] kann das prinzipielle Fahrverhalten der Autofahrer abgeleitet werden, dass sich wiederum in den verwendeten Statistiken niederschlägt und damit auch direkt in die Bestimmung der Unfallkostenraten nach den [EWS FGSV 1997] einfließt. Der Gebrauch des Ansatzes nach den [EWS FGSV 1997] impliziert somit die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h]. Die statistisch ermittelten Unfallraten können aber nicht auf unterschiedliche Ausbaugeschwindigkeiten und auf die damit einhergehenden differenzierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten angepasst werden. Die neben der Fahrleistung für die Berechnung der Unfallkosten nach den [EWS FGSV 1997] maßgebende Einflußgröße „Unfallrate“ fließt somit in das Berechnungsergebnis als konstante Größe ein und führt nicht zu Veränderungen der Unfallkosten.

- Demgegenüber berücksichtigt der Ansatz von [TALYOR 2002] über die Anzahl der Unfälle direkt unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten.

8.5 Veränderungen der jährlichen Zeitkosten

Die Gleichung für die Berechnung von Zeitkosten leitet sich in Anlehnung an die [EWS FGSV 1997] wie folgt her:

$$TK_{a,Netz} = \sum_{Netz, Fz} FZ_{a, Fz, Netz} * WT_{Fz, Netz} \quad (18)$$

Mit:	$TK_{a,Netz}$	[€/a]	Jährliche Zeitkosten je betrachtetem Straßennetzteil
	$FZ_{a, Fz, Netz}$	[(Kfz h)/a]	Fahrzeit im Jahr je Fz und betrachtetem Straßennetzteil
	$WT_{Fz, Netz}$	[€/ (Kfz h)]	Mittleren Zeitkostensätze je Fz und betrachtetem Straßennetzteil
	Fz	[-]	Fahrzeuggruppe

Die Zeitkostensätze sind den [EWS FGSV 1997] zu entnehmen.

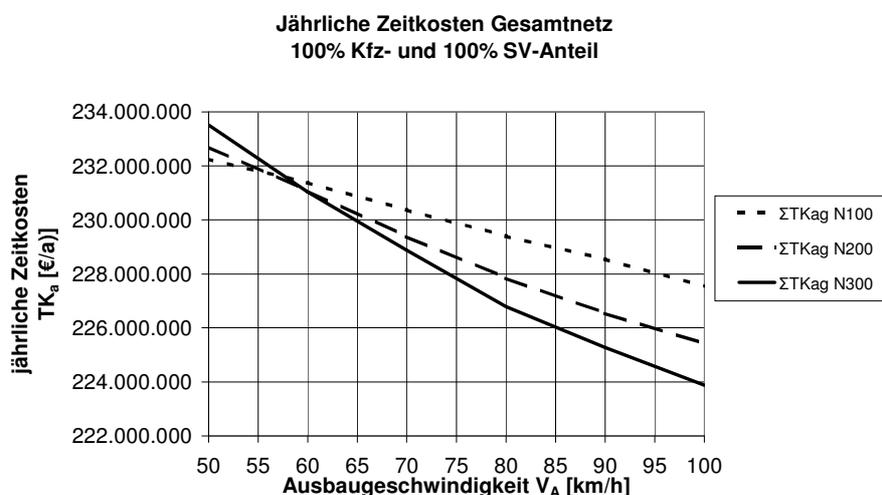


Abbildung 8.5: Jährliche Zeitkosten im Gesamtnetz
 [Eigene Darstellung]

Die jährlichen Zeitkosten verringern sich fast linear bis $V_A = 100$ [km/h].

8.6 Veränderungen der jährlichen Nutzerkosten

Durch Addition der einzelnen Nutzenkomponenten Betriebskosten, Zeitkosten und Unfallkosten ergeben sich für das gesamte Straßennetz des Untersuchungsgebietes folgende gesamte Nutzerkosten in Abhängigkeit von den verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten. Zum Vergleich werden die Nutzerkosten sowohl nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] als auch nach dem von [TAYLOR 2002] dargestellt.

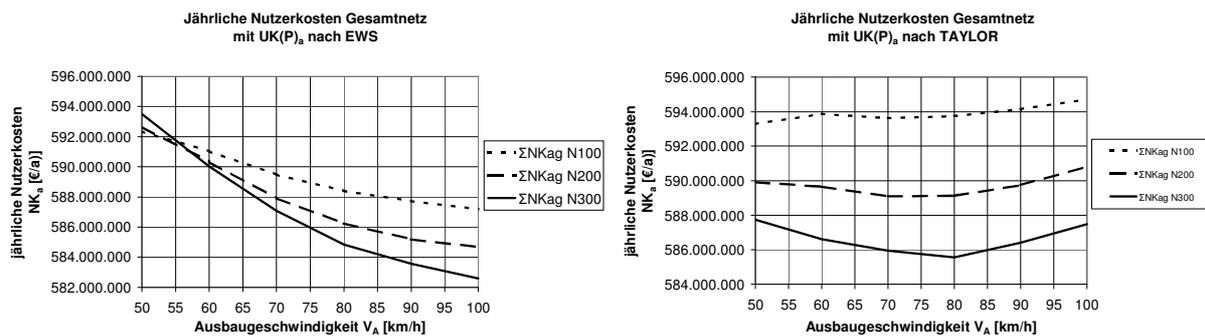


Abbildung 8.6: Jährliche Nutzerkosten im Gesamtnetz
 [Eigene Darstellung]

Die Kurven der jährlichen Nutzerkosten unterscheiden sich erheblich. Während sich nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] die Nutzerkosten kontinuierlich mit Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit verringern, ist unter Berücksichtigung des Ansatzes von [TAYLOR 2002] ein Minimum für das N300`er Netz bei $70 \leq V_A \leq 80$ [km/h] festzustellen. Diese Ausprägung verliert sich dem N200`er und N100`er Netz.

Die Begründung für die unterschiedlichen Kurvenverläufe sind den Erläuterungen zu den Unfallkosten zu entnehmen.

9 Bestimmen der Baukosten

9.1 Grundlegende Betrachtung

Folgende Begriffe werden in Anlehnung an die [EWS FGSV 1997] verwendet:

- Baukosten (KB): Dies sind die durchschnittlichen Kosten die je Kilometer Straße während der Baumaßnahme anfallen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird nicht auf einen Zeitpunkt auf- oder abgezinst, da die Baukosten über pauschale Ansätze ermittelt werden.
- Jährliche Investitionskosten (KI_a): Darunter werden die jährlichen Investitionen für den Baulastträger je Kilometer Straße und Jahr verstanden. Sie ergeben sich aus den Baukosten unter Berücksichtigung bestimmter Abschreibungszeiträume.
- Jährliche laufende Kosten (KL_a): Die jährlichen laufenden Kosten für den Baulastträger je Kilometer Straße und Jahr.
- Jährliche Baukosten ($K_{a,Netz}$): Darunter werden die jährlichen Kosten für den Baulastträger je betrachtetem nachgeordnetem Straßennetz und Jahr verstanden. Sie setzen sich aus den jährlichen Investitionskosten (KI_a) und jährlichen laufenden Kosten (KL_a), multipliziert mit der betrachteten Netzlänge, zusammen.

Baukosten sind nur innerhalb der Straßennetzteile zu berücksichtigen, in denen auch Baumaßnahmen stattfinden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung soll nur der Ausbaustandard des nachgeordneten Straßennetzes verändert werden. Baukosten fallen somit ausschließlich dort an.

Bauleistungspreise und Preisindizes zur Ermittlung der Baukosten werden in verschiedenen Quellen ausgewiesen, z.B. in den [EWS FGSV 1997], der Fachserie 17 [STATISTISCHE BUNDESAMT PREISE] oder dem Forschungsprojekt des [BMVBW FE-Nr. 26.138/1988]. Baukosten für gewählte Linienführungen eines kon-

kreten Straßenbauprojektes sind damit vergleichend zu berechnen und kostengünstige Lösungsvarianten können ermittelt werden. Liegen, wie im vorliegenden Fall einer zusammenhängenden Netzbetrachtung, keine konkreten Bauprojekte als Grundlage vor, so ist eine Baukostenabschätzung in Abhängigkeit vom gewähltem Ausbaustandard (hier: Ausbaugeschwindigkeit V_A) wesentlich schwieriger, der Literatur sind keine Verfahrensansätze nicht zu entnehmen.

Im nachfolgenden Kapitel wird für das Untersuchungsgebiet ein neuer methodischer Ansatz entwickelt, der die Baukosten in Abhängigkeit von den Ausbaugeschwindigkeiten V_A abschätzt.

9.2 Methodischer Ansatz

9.2.1 Jährliche Investitionskosten

[MÜNCH et. al. 1997] geben für den Thüringer Raum (in dem auch das Untersuchungsgebiet liegt) an, dass sich die Baukosten für den grundhaften Straßenausbau von Bundes-/Landesstraßen mit Fahrbahnquerschnitten von 6,0⁵¹ bis 7,0 [m] im Bereich „freier Strecken“ auf 400.000 bis 550.000 Euro⁵² je Kilometer Ausbaustrecke beziffern lassen. Weiterhin werden die prozentualen Anteile der verschiedenen Kostengruppen (Gewerke) an den gesamten Baukosten angegeben.

[MÜNCH et. al. 1997] gehen bei ihren Angaben davon aus, dass nicht alle Gewerke immer zum Tragen kommen. So wird z.B. der Bau von Stützwänden und Tunneln nicht die Regel sein. Dies wird berücksichtigt, indem für alle Gewerke Baukosten in „von-bis-Werten“ angegeben werden. Dem „von-Wert“ entsprechen die „Grundbaukosten KB_G “, mit denen im „Normalfall“ zu rechnen ist, dem „bis-Wert“ die „maximalen Baukosten KB_{max} “, die bei erschwerten Bedingungen zu erwarten sind.

⁵¹ 6,0 [m] entsprechen der Fahrbahnbreite des RQ 9.

⁵² Die Baukosten in [MÜNCH et. al. 1997] enthalten noch DM-Angaben. Sie wurden mit dem Faktor 2 in Euro umgerechnet.

Berechnung der jährlichen Grundinvestitionskosten $KI_{a,G}$:

Unter Berücksichtigung der in den [EWS FGSV 1997] angegebenen Abschreibungszeiträume können aus den vorgegebenen Grundbaukosten die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten anteiligen jährlichen Grundinvestitionskosten $KI_{a,G}$ für den grundhaften Straßenausbau berechnet werden. Sie wurden sowohl für Baukosten in der Höhe von $KB_{G40} = 400.000$ [€/km] als auch von $KB_{G55} = 550.000$ [€/km] ermittelt. Dementsprechend ergeben sich die jährlichen Grundinvestitionskosten $KI_{a,G40}$ und $KI_{a,G55}$.

	Grundbaukosten KB_G nach Gewerk je Kilometer			Abschreibungs- zeitraum dq [a]	Annuitäten- faktor afq [1/a]	Grundinvestitionskosten $KI_{a,G}$ nach Gewerk je Kilometer	
	%	KB_{G40}	KB_{G55}			$KI_{a,G40}$	$KI_{a,G55}$
	Anteile	[€/km]	[€/km]			[€/km*a]	[€/km*a]
Grunderwerb	8%	32.000	44.000	unendlich	0,03000	960	1.320
Baustelleneinrichtung	5%	20.000	27.500	unendlich	0,03000	600	825
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	18%	72.000	99.000	100	0,03165	2.279	3.133
Oberbau	25%	100.000	137.500	25	0,05743	5.743	7.897
Brücken	20%	80.000	110.000	50	0,03887	3.110	4.276
Stützwände	0%	0	0	50	0,03887	0	0
Tunnel	0%	0	0	50	0,03887	0	0
sonstige Bauwerke	5%	20.000	27.500	50	0,03887	777	1.069
Ausstattung	3%	12.000	16.500	10	0,11723	1.407	1.934
Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	5%	20.000	27.500	unendlich	0,03000	600	825
Bauüberwachung	2%	8.000	11.000	unendlich	0,03000	240	330
Planungskosten	9%	36.000	49.500	unendlich	0,03000	1.080	1.485
Summen:	100%	400.000	550.000			16.796	23.094

Abschreibungszeiträume: EWS (1997)
Annuitätsfaktoren: EWS (1997), mit einem Zinssatz pro Jahr von $p = 3$ [%/a]

Tabelle 9.1: Grundbaukosten und abgeleitete Grundinvestitionskosten für den grundhaften Ausbau von Bundes- und Landesstraßen in Thüringen
[Eigene Darstellung; in Anlehnung an MÜNCH et. al. 1997]

Berechnung der jährlichen Maximalinvestitionskosten $KI_{a,max}$:

Über diese Grundbaukosten hinaus sind zusätzliche Baukosten bei erschwerenden Bedingungen (z.B. wenn Stützwände oder Tunnel notwendig werden oder bei schwieriger Topographie) zu erwarten. Diese zusätzlichen Baukosten werden von [MÜNCH et. al. 1997] als zusätzliche prozentuale Anteile von den Grundbaukosten angegeben. Maximale Baukosten KB_{max} ergeben sich dann aus der Summe der Grundbaukosten KB_G und der zusätzlichen Baukosten KB_Z . Analog zur Vorgehensweise bei den jährlichen Grundinvestitionskosten ergeben sich die jährlichen Maximalinvestitionskosten $KI_{a,max40}$ und $KI_{a,max55}$ wie folgt:

	zusätzliche Baukosten KB_z und maximale Baukosten KB_{max}					Maximalinvestitionskosten $KI_{a,max}$	
	% - Anteile an 100% KB_G	nach Gewerk je Kilometer				nach Gewerk je Kilometer	
		KB_{z40} [€/km]	KB_{max40}	KB_{z55} [€/km]	KB_{max55}	$KI_{a,max40}$ [€/km*a]	$KI_{a,max55}$ [€/km*a]
Grunderwerb	4%	16.000	48.000	22.000	66.000	1.440	1.980
Baustelleneinrichtung	3%	12.000	32.000	16.500	44.000	960	1.320
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	5%	20.000	92.000	27.500	126.500	2.912	4.004
Oberbau	10%	40.000	140.000	55.000	192.500	8.040	11.055
Brücken	10%	40.000	120.000	55.000	165.000	4.664	6.414
Stützwände	5%	20.000	20.000	27.500	27.500	777	1.069
Tunnel	25%	100.000	100.000	137.500	137.500	3.887	5.345
sonstige Bauwerke	0%	0	20.000	0	27.500	777	1.069
Ausstattung	2%	8.000	20.000	11.000	27.500	2.345	3.224
Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	3%	12.000	32.000	16.500	44.000	960	1.320
Bauüberwachung	1%	4.000	12.000	5.500	16.500	360	495
Planungskosten	0%	0	36.000	0	49.500	1.080	1.485
Summen:		272.000	672.000	374.000	924.000	28.203	38.779

Tabelle 9.2: Maximale Baukosten und abgeleitete Maximalinvestitionskosten für den grundhaften Ausbau von Bundes- und Landesstraßen in Thüringen
 [Eigene Darstellung; in Anlehnung an MÜNCH et. al. 1997]

Eine Abhängigkeit der Investitionskosten von der Ausbaugeschwindigkeit V_A wird unter folgenden Annahmen hergeleitet:

- Die maximale Ausbaugeschwindigkeit ($\max V_A$) ergibt sich über die zur Zeit in Deutschland maximale zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h]. Daraus wird festgelegt: $\max V_A = 100$ [km/h].
- Es wird angenommen, dass ein grundhafter Straßenausbau von einer vorhandenen, niedrigeren Ausbaugeschwindigkeit auf $\max V_A = 100$ [km/h] erfolgt.
- Als vorhandene niedrigste Ausbaugeschwindigkeit ($\min V_A$) wird die auf den vorhandenen Straßen des nachgeordneten Straßennetzes vor dem Ausbau tatsächlich erreichte Geschwindigkeit ($V_{Rm,Null}$) definiert.
- Entsprechend den in Tabelle 7.3 dargestellten Ergebnissen der Umlegungsrechnungen wird $\min V_A = V_{Rm,Null} = 50$ [km/h] festgelegt. Dieser Geschwindigkeit werden die Grundinvestitionskosten $KI_{a,G40}$ zugeordnet, die bei einem grundhaften Ausbau immer zu investieren sind.
- Die Maximalinvestitionskosten $KI_{a,max55}$ treten dann auf, wenn eine Straße von $\min V_A = 50$ [km/h] auf $\max V_A = 100$ [km/h] ausgebaut wird.
- Es wird weiterhin angenommen, dass sich die Zwischenwerte interpolieren lassen.

Mit diesen Festlegungen können nunmehr die Investitionskosten für $\min V_A$ und $\max V_A$ errechnet werden.

Bei der Berechnung der jährlichen Baukosten $K_{a,Netz}$ ist weiterhin zu berücksichtigen, dass ausgehend von einer bestimmten Ausgangsgeschwindigkeit, nicht das gesamte Netz auf eine bestimmte Ausbaugeschwindigkeit V_A hin ausgebaut werden muss. Auf Anteilen des nachgeordneten Straßennetzes kann schon ohne weitere Investitionen diese Ausbaugeschwindigkeit gefahren werden. Aus diesem Grund sind vorab für das Untersuchungsgebiet die Längenpercentile des nachgeordneten Straßennetzes und die zugehörigen Kurvigkeiten (und damit auch die mittlere Pkw-Geschwindigkeit) zu bestimmen, um die entsprechenden prozentualen Anteile des nachgeordneten Straßennetzes ermitteln zu können, die ausgebaut werden müssen.

Da nicht für das gesamte Untersuchungsgebiet Planungsunterlagen vorlagen, wurde das vorhandene Straßennetz von Hand digitalisiert. Die Kurvigkeiten wurden anschließend über trigonometrische Ansätze berechnet.

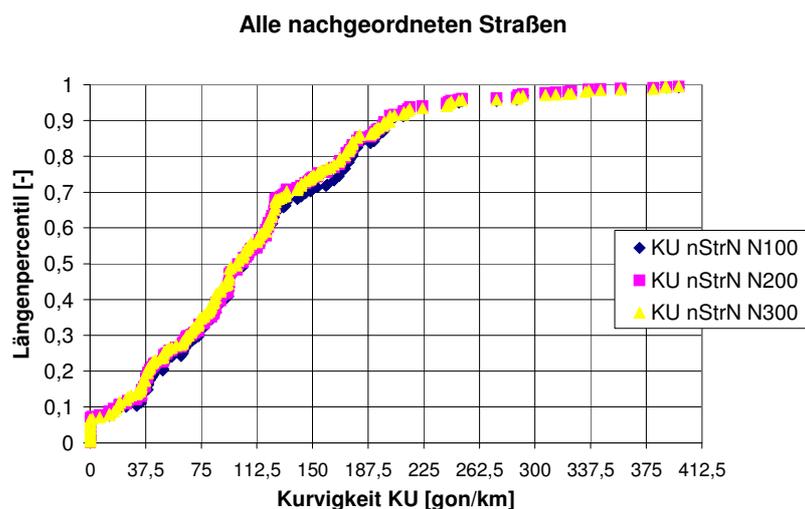


Abbildung 9.1: Untersuchungsgebiet: Längenpercentil / Kurvigkeit für alle Straßen im nachgeordneten Straßennetz

[Eigene Darstellung]

Der Tabelle 4.1: Zusammenhang Kurvigkeitsbereich, Streckmaß und Geschwindigkeitsbereich aus Kapitel 4 sind die mittleren Pkw-Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von dem Kurvigkeitsbereich und der maximalen Gesamtverkehrsstärke entsprechend den Vorgaben des [HBS FGSV 2001] zu entnehmen. In der nachfolgenden Tabelle sind die an dieser Stelle wesentlichen Aussagen nochmals zusammengestellt. Um die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] noch mathematisch erfassen zu können, wurde ergänzend zu den Angaben der Tabelle 4.1 noch angenommen, dass

die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] bei einer Kurvigkeit von $KU \leq 10$ [gon/km] erreicht werden kann. Weiterhin sind dieser Tabelle die zugehörigen Längenpercentile zu entnehmen.

		mittlere Kurvigkeit									
		10 [gon/km]	37,5 [gon/km]	112,5 [gon/km]	187,5 [gon/km]	225 [gon/km]					
nachgeordnetes Straßennetz nStrN [-]	maximale Gesamtverkehrsstärke q_{max} [Kfz/h]	mittlere Pkw-Geschwindigkeit / Längenpercentil									
		V_{Rm} [km/h]	LC [-]	V_{Rm} [km/h]	LC [-]	V_{Rm} [km/h]	LC [-]	V_{Rm} [km/h]	LC [-]	V_{Rm} [km/h]	LC [-]
N100	100	100	0,08	98	0,15	77	0,54	69	0,84	65	0,94
N200	200	100	0,08	95	0,18	74	0,55	66	0,85	62	0,94
N300	300	100	0,08	93	0,19	72	0,57	64	0,86	60	0,94

Tabelle 9.3: Mittlere Pkw-Geschwindigkeiten und zugehörige Längenpercentile
 [Eigene Darstellung]

Ablesebeispiel zur Tabelle 9.3:

Bei einer mittleren Kurvigkeit von 112,5 [gon/km] wird im nachgeordneten Straßennetz N200 bei einer Gesamtverkehrsstärke von 200 [Kfz/h] auf 55 Prozent der zugehörigen Straßen eine mittlere Pkw-Geschwindigkeit von 74 [km/h] erreicht. D.h. bei einem gewählten Ausbaustandard von $V_A = 74$ [km/h] müssen 45 Prozent des nachgeordneten Straßennetzes N200 ausgebaut werden.

Bei einer gesamten Straßenlänge von 288,188 [km] des nachgeordneten Straßennetzes N200 innerhalb des Untersuchungsgebietes sind somit 129,685 [km] auf den gewählten Ausbaustandard von $V_A = 74$ [km/h] hin auszubauen.

9.2.2 Laufende Kosten

Die jährlichen laufenden Kosten sind, unter der Annahme nur eines verwendeten Regelquerschnittes innerhalb der nachgeordneten Straßennetze, *nicht* abhängig von der Ausbaugeschwindigkeit V_A . Sie werden entsprechend den Vorgaben der [EWS FGSV 1997] als konstante Kosten auf $KL_a = 7.000$ [€/kma] festgelegt.

Die jährlichen laufenden Kosten sind weiterhin unabhängig vom Anteil an der Straßennetzlänge, der ausgebaut werden muss, da sie für alle Straßen immer auftreten.

Sie fließen somit als konstante Netzgröße in die Berechnung der jährlichen Baukosten $K_{a,Netz}$ ein.

9.2.3 Jährliche Baukosten

Die jährlichen Baukosten $K_{a,Netz}$ lassen sich nunmehr berechnen. Zum besseren Verständnis erfolgt für das Ablesebeispiel eine Beispielrechnung:

Die jährlichen Grundinvestitionskosten betragen nach Tabelle 9.1 und den Festlegungen aus Kapitel 9.2.1 für V_A (50 [km/h]): $KI_{a,G40} = 16.796$ [€/((km*a))]. Die jährlichen Maximalinvestitionskosten ergeben sich aus Tabelle 9.2 für V_A (100 [km/h]): $KI_{a,max55} = 38.779$ [€/((km*a))]. Aus der Festlegung, dass Zwischenwerte interpoliert werden, ergeben sich für den Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes N200 auf $V_A = 74$ [km/h] jährliche Investitionskosten von $KI_{a,Netz} = [16.796 + (38.779 - 16.796) * (74 - 50) / (100 - 50)] * 129,6846 = 3.546.594$ [€/a]. Zusätzlich der jährlichen laufenden Kosten von $KL_{a,Netz} = 7.000 * 288,188 = 2.017.316$ [€/a] ergeben sich jährliche Baukosten von $K_{a,Netz} = 3.546.594 + 2.017.316 = 5.563.910$ [€/a] für den Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes N200 auf $V_A = 74$ [km/h].

Die jährlichen Baukosten für alle nachgeordneten Straßennetze von den verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten sind in der nachfolgenden Abbildung zusammengestellt.

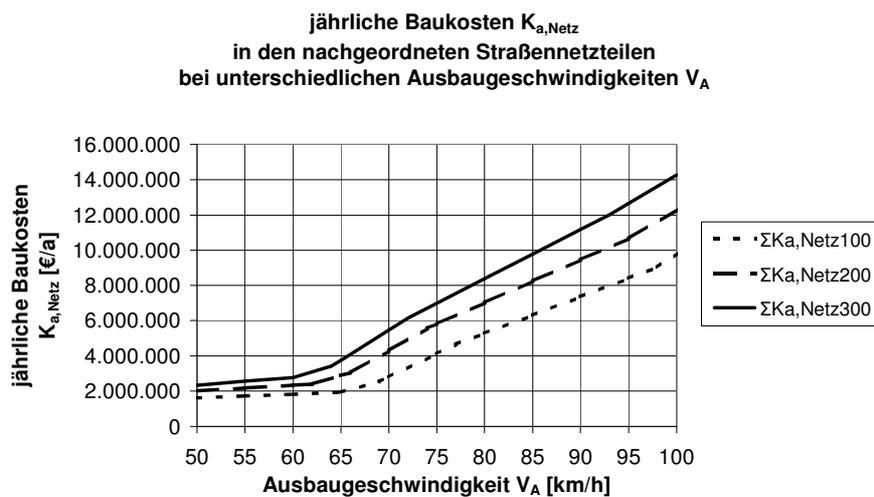


Abbildung 9.2: Jährliche Baukosten in den nachgeordneten Straßennetzteilen
 [Eigene Darstellung]

Es lässt sich ein fast linearer Zusammenhang zwischen der Ausbaugeschwindigkeit und den jährlichen Baukosten für alle betrachteten nachgeordneten Straßennetze feststellen. Die Parallelitäten zur Abszisse bis ca. $V_A=60/65$ [km/h] ergeben sich aus der Festlegung $\min V_A=50$ [km/h] und dem Anteil am betrachteten Straßennetz, der bis zu diesen Ausbaugeschwindigkeiten ausgebaut werden muss. Da dieser bis ca. $V_A=60/65$ [km/h] sehr gering ist, fallen bis zu dieser Geschwindigkeit fast nur laufende Kosten an, die konstant sind.

Die unterschiedlichen Steigungen der Kurven resultieren aus den verschiedenen Straßennetzlängen der betrachteten nachgeordneten Straßennetze.

10 Nutzen-Kosten-Verhältnis

10.1 Bestimmung der Nutzen-Kosten-Verhältnisse

Die [EWS 1997] erläutern: „Bei den zu ermittelten Kosten und Nutzen handelt es sich um die durch die zu untersuchende Maßnahme (Planfall) verursachten zusätzlichen Kosten und Nutzen, die sich im Vergleich zur Nichtrealisierung der Maßnahme (Vergleichsfall) ergeben.“ Darauf aufbauend ergeben sich für die vorliegende Untersuchung folgende Vorgaben:

Vergleichsfall: Es findet kein Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes statt. Daraus ergibt sich folgender Ansatz:

$$V_{Rm,Null} = \min V_A = 50 \text{ [km/h]}.$$

Planfall: Es erfolgt ein Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes auf verschiedene Ausbaugeschwindigkeiten hin. Dabei werden nur die Strecken berücksichtigt, auf denen die Ausbaugeschwindigkeit noch nicht gefahren werden kann. Es werden die folgenden Planfälle untersucht: $V_A = 55 \text{ [km/h]}$ bis $V_A = 100 \text{ [km/h]}$ in diskreten Schritten zu 5 [km/h] .

Die Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses erfolgt nach den folgenden Gleichungen:

$$N_a = N_a(V_{Rm,Null}) - N_a(V_A) \quad (19)$$

$$K_a = K_a(V_A) \quad (20)$$

$$NKV = \frac{N_a}{K_a} \quad (21)$$

Mit:	N_a	[€/a]	Nutzen eines Jahres
	K_a	[€/a]	Baukosten eines Jahres
	$V_{Rm,Null}$	[km/h]	Bekannte mittlere gefahrene Geschwindigkeit
	V_A	[km/h]	Ausbaugeschwindigkeit, beschreibt den gewünschten Ausbaustandard
	NKV	[-]	Nutzen-Kosten-Verhältnis

Nutzen können, bezogen auf den Vergleichsfall, sowohl positiv als auch negativ sein. Baukosten fallen immer als zusätzliche Kosten an und können somit nur positiv

sein⁵³. Damit ergibt sich ein eventuelles negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis allein aus den errechneten negativen Nutzen.

Auf der Grundlage dieser Festlegungen wurden die Nutzen-Kosten-Verhältnisse für das Gesamtnetz errechnet und zwar sowohl nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002] als auch nach dem der [EWS FGSV 1997].

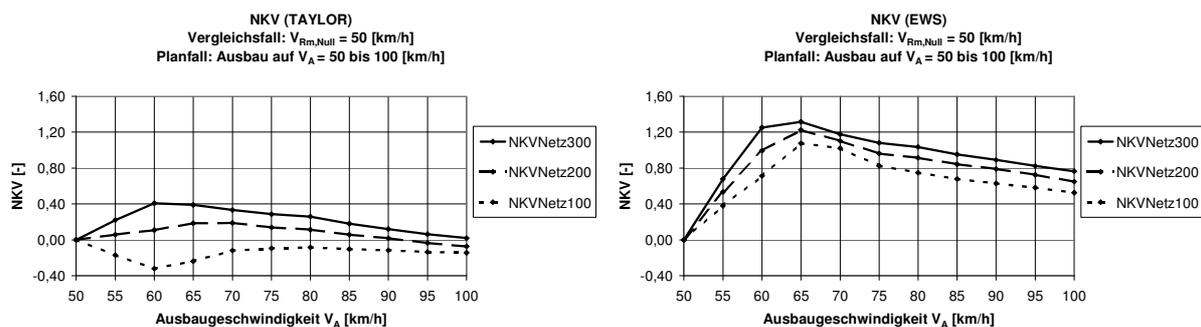


Abbildung 10.1: Nutzen-Kosten-Verhältnisse
 [Eigene Darstellung]

10.2 Beschreibung und Diskussion der Ergebnisse

Ein NKV (TAYLOR) > 1 wird bei keiner Ausbaugeschwindigkeit erreicht, d.h. die Baukosten sind immer größer als der Nutzen, der mit dem Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes erreicht werden kann.

Maximale NKV (TAYLOR) ergeben sich für das N300`er Netz bei einer Ausbaugeschwindigkeit von $V_A = 60$ [km/h] und für das N200`er Netz zwischen $65 < V_A < 70$ [km/h].

Für das N100`er Netz ergibt sich überhaupt kein positiver Nutzen.

Die negativen NKV (TAYLOR) ergeben sich ausschließlich aus den Veränderungen des Teilnutzens Unfallkosten nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002], die immer mit einem negativen Vorzeichen versehen sind und überwiegend diametral zu den Teil-

⁵³ Der besondere Fall, dass sich für den Baulastträger Kosteneinsparungen ergeben (z.B. wenn die Investitionen für Rückbaumaßnahmen geringer sind als die dadurch eingesparten laufenden Kosten) wird im Rahmen der Aufgabenstellung nicht berücksichtigt.

nutzen Betriebskosten und Zeitkosten verlaufen. Aufgrund der Höhe der Veränderung des Teilnutzens Unfallkosten ist dieser Einfluss prägend auf das NKV (TAYLOR).

Anmerkung: Aus den obigen Berechnungen ergeben sich Nutzen-Kosten-Verhältnisse von $< 1,0$. Damit sind die Baukosten zwar größer als der Nutzen jedoch kann der Nutzen von Investitionen maximiert werden. Damit sind die errechneten NKV für die Beurteilung der wirtschaftlichsten Ausbauqualität von nachgeordneten Straßennetzen aussagekräftig.

Der Kurvenverlauf des Teilnutzens Unfallkosten bei [TAYLOR 2002] ist auch der Grund für den anderen Kurvenverlauf des NKV (EWS). Da sich die Unfallkosten nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] bei einer Gesamtnetz Betrachtung kaum verändern, fallen sie bei der Berechnung des NKV (EWS) entsprechend gering ins Gewicht. Dies erklärt auch die errechneten maximalen NKV (EWS) für alle betrachteten Straßennetzteile, die über denen von [TAYLOR 2002] liegen. Maximale NKV (EWS) ergeben sich für alle nachgeordneten Straßennetze bei einer Ausbaugeschwindigkeit von $V_A=65$ [km/h].

Offenbar hängt das NKV stark davon ab, ob die Straßen des nachgeordneten Straßennetzes zusammenhängen. Während sich beim N100-Netz überwiegend noch kein Zusammenhang erkennen lässt, sind bei den höher belasteten nachgeordneten Straßennetzen zusammenhängende Straßennetzstrukturen erkennbar (siehe Abbildung 6.1). Mit der Verbesserung des Zusammenhangs erhöhen sich grundsätzlich die erreichbaren Nutzen-Kosten-Verhältnisse.

11 Sensitivitätsanalyse

11.1 Betriebskosten

Maßgebenden Einfluss auf die Betriebskosten haben die Fahrlänge und die Straßenlängsneigungen. Die Fahrlänge wird über die aus der Umlegung ermittelten Fahrleistung berücksichtigt. Sie ändert sich aufgrund der Sensitivitätsanalyse nicht, so dass sich hieraus keine Veränderungen der Betriebskosten ergeben.

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden die Straßenlängsneigungen im Untersuchungsgebiet wie folgt variiert:

- **Innerortsnetz:** Die durchschnittliche Neigung der Straßen des Innerortsnetzes wird statt mit $s = 0$ [%] mit $s = \pm 3$ [%] angenommen. Damit werden hangseitige Bebauungen mit Einzelneigungen der Zufahrtsstraßen von größer als 5 Prozent berücksichtigt. Die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten sind somit mit der fahrleistungsbezogenen Betriebskostenkurve von 1,0 Prozent zu berechnen.
- **Außerortsnetz:** Die durchschnittlich angenommene Neigung für Straßen des Außerortsnetzes wird verdoppelt, d.h. statt mit $s = \pm 3$ [%] mit $s = \pm 6$ [%] abgeschätzt. Die fahrleistungsbezogenen Betriebskosten sind somit mit der fahrleistungsbezogenen Betriebskostenkurve von 3,3 Prozent zu berechnen.
- **BAB:** Die durchschnittliche Neigung der Bundesautobahnen wird nicht verändert.

Unter diesen Annahmen ergeben sich folgende Nutzen-Kosten-Verhältnisse aufgrund der Veränderung des Teilnutzen Betriebskosten:

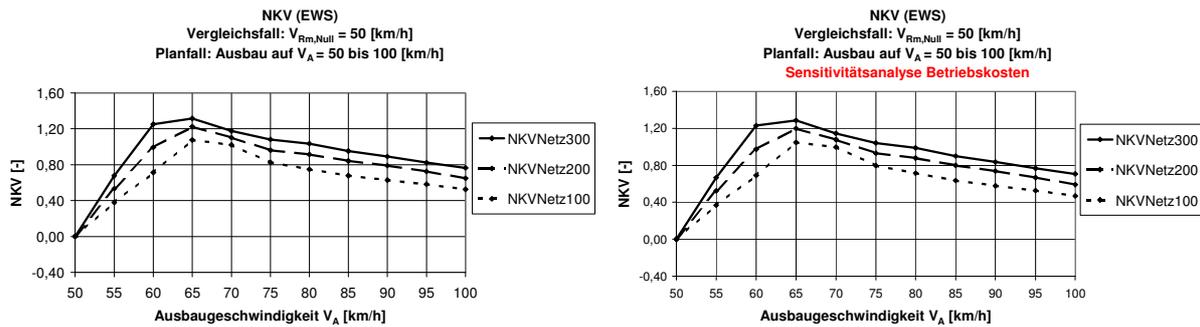


Abbildung 11.1: Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Betriebskosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)
 [Eigene Darstellung]

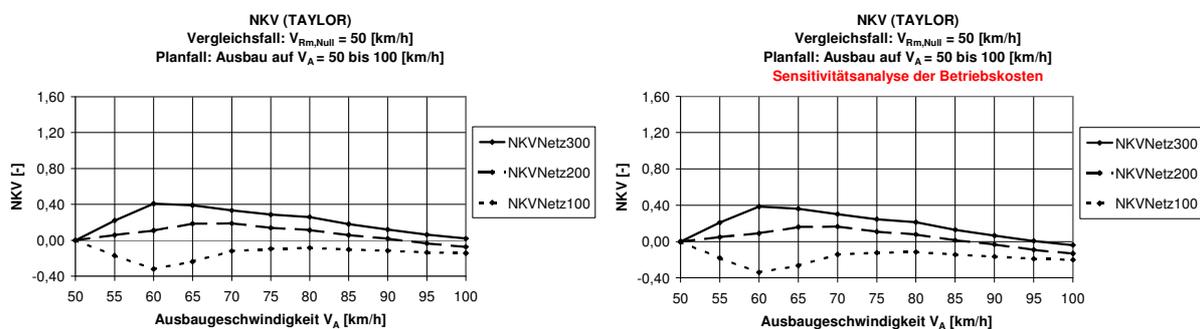


Abbildung 11.2: Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Betriebskosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)
 [Eigene Darstellung]

Durch die beschriebene Variierung der Straßenlängsneigungen ergeben sich über den Teilnutzen Veränderung der Betriebskosten keine wesentlichen Änderungen in der Höhe der Nutzen-Kosten-Verhältnisse und dem Verlauf der Kurven.

Die Betriebskosten ändern sich also nur unwesentlich, wenn die Straßenlängsneigung variiert wird. Die NKV bleiben stabil.

11.2 Zeitkosten

Die Ermittlung der Zeitkosten beruht auf einer makroskopischen Betrachtungsweise deren zukünftige Sinnfälligkeit überdacht werden kann. Angesprochen sei hier exemplarisch das grundsätzliche Problem, wie zukünftig die Zeitkosten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) berücksichtigt werden sollten.

Die nachfolgenden beiden Bevölkerungspyramiden für die Jahre 2001 und 2050⁵⁴ zeigen die prognostizierte demographische Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland.

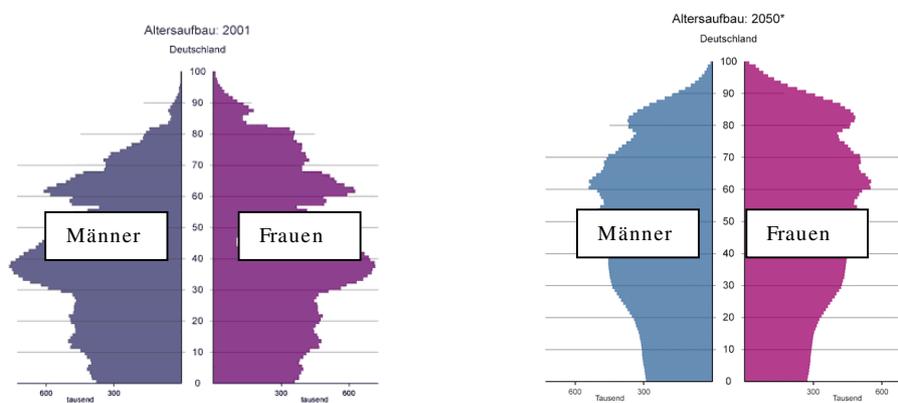


Abbildung 11.3: Zukünftiger Altersaufbau, Prognose für das Jahr 2050

[Statistisches Bundesamt Deutschland 2004]

Geht man bei einem erforderlichen Nachweis von Zeitkosten grundsätzlich davon aus, dass diese entstehen, weil die Verkehrsteilnehmer durch Verzögerungen ihrer Fahrt (und den daraus resultierenden Zeitverlusten) daran gehindert werden, alternative (nutzenstiftende, monetär bewertbare) Tätigkeiten durchzuführen, so kann die Frage gestellt werden, in welchem Umfang für den zukünftig hohen Anteil von älteren Menschen an der Bevölkerung die Zeitkostensätze variiert werden können?

Dies führt jedoch zu der Aufgabe, abzuschätzen, wie mobil der ältere Teil der Bevölkerung zukünftig ist und welche Anteile der daraus resultierenden Fahrleistungen

⁵⁴ Für den Zeitraum 2002 bis 2050 wurden hierbei die Ergebnisse der mittleren Variante der 10. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung herangezogen (Zitat aus [Statistisches Bundesamt Deutschland 2004]).

monetär bewertet werden können bzw. welche nutzenstiftend / nicht nutzenstiftend sind.

Hinzu kommt noch ein weiterer Grundgedanke. Da die Ausgewogenheit zwischen den Kostensätzen des Wirtschaftsverkehrs (Fahrzeuggruppe L) und den Kostensätzen für den MIV unter Berücksichtigung des Anteils der Werkstätigen und der älteren Bevölkerung innerhalb der [EWS FGSV 1997] angestrebt wurde, verändert sich erwartungsgemäß das Verhältnis der Kostensätze zueinander mit der Veränderung der Bevölkerungsstruktur. Insofern sind die vorhandenen Ansätze nicht auf eine zukünftige Situation ohne weiteres übertragbar. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind diese Probleme wissenschaftlich nicht zu klären. Es kann an dieser Stelle nur aufgezeigt werden, wie sensibel das Nutzen-Kosten-Verhältnis auf Veränderungen der Zeitkosten reagiert. Dazu wird zusätzlich folgender Ansatz untersucht:

- Die mittleren Zeitkostenansätze für den Wirtschaftsverkehr (Fahrzeuggruppe L) werden nicht variiert.
- Die mittleren Zeitkostensätze für den Kfz-Verkehr auf den Bundesautobahnen werden ebenfalls nicht variiert. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Straßennetzteil auch weiterhin überwiegend für nutzenstiftende Tätigkeiten benutzt wird.
- Die mittleren Zeitkostensätze für den Kfz-Verkehr werden auf den übrigen Straßennetzteilen um 50 Prozent auf 2,25 [€/h] reduziert.

Unter diesen Annahmen ergibt sich folgendes Bild für den Teilnutzen Veränderung der Zeitkosten:

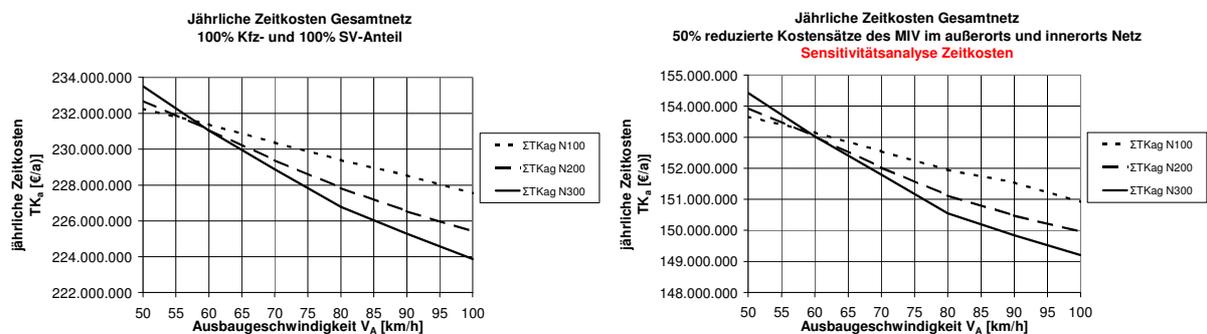


Abbildung 11.4: Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten
 [Eigene Darstellung]

Durch die beschriebene Veränderung der mittleren Zeitkostensätze ergeben sich wesentliche Änderungen in der Höhe Zeitkosten, im Mittel etwa 80 [Mio. €/a] im Untersuchungsgebiet.

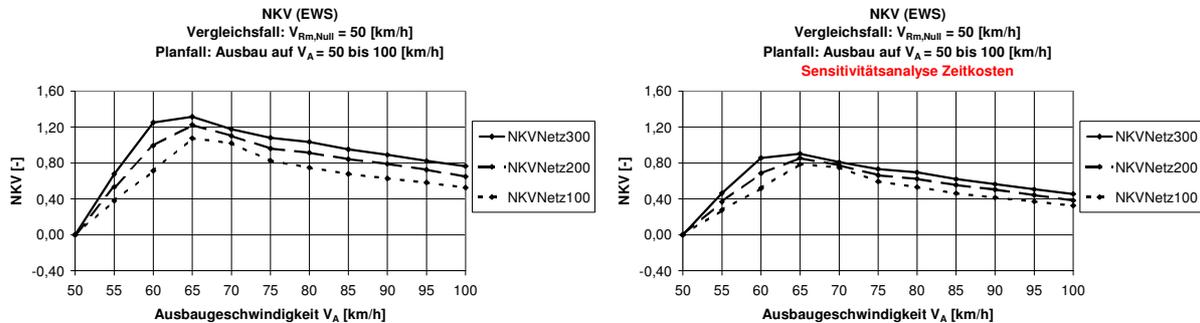


Abbildung 11.5: Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)
 [Eigene Darstellung]

Das NKV(EWS) der Sensitivitätsanalyse (obenstehende Abbildung rechte Grafik) weist gegenüber dem ursprünglichen NKV(EWS) (obenstehende Abbildung linke Grafik) einen ähnlichen Kurvenverlauf auf. Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse reduzieren sich jedoch erheblich und liegen nunmehr unter 1,0. Damit sind die Investitionskosten höher als der erreichbare Nutzen.

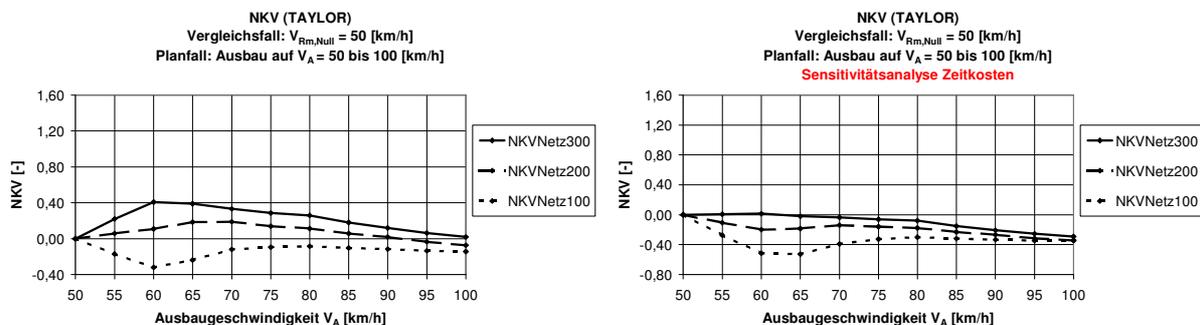


Abbildung 11.6: Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)
 [Eigene Darstellung]

Das NKV (TAYLOR) der Sensitivitätsanalyse weist gegenüber dem ursprünglichen NKV (TAYLOR) einen stark abgeflachten Kurvenverlauf auf. Positive NKV (TAYLOR) werden kaum noch erreicht. Aufgrund des hohen Anteils der Zeitkosten an den Gesamtnutzen wirkt sich die Reduzierung der Zeitkosten sehr stark aus.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass das NKV (TAYLOR) auf Veränderungen des Teilnutzens Zeitkosten sehr empfindlich reagiert.

11.3 Baukosten

Der hergeleitete Ansatz, dass die Baukosten vom vorhandenen und angestrebten Ausbaugrad abhängig sind wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse durch folgende gegensätzliche Annahme untersucht:

- Die Baukosten sind weder vom vorhandenen Ausbauzustand abhängig noch von einer bestimmten angestrebten Ausbaugüte, sondern sie sind konstant.
- Die Baukosten werden entsprechend dem in den vorherigen Kapitel angesetzten Maximum auf 550.000 [€/kma] festgesetzt: Daraus ergeben Investitionskosten von 38.779 [€/kma].

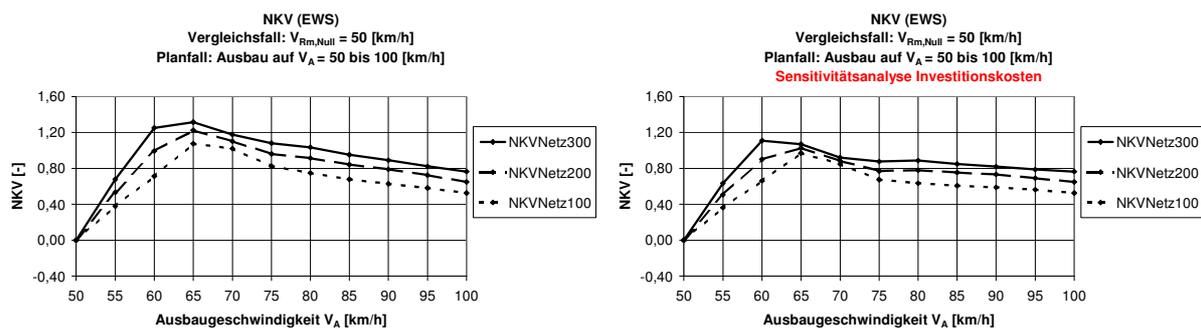


Abbildung 11.7: Sensitivitätsanalyse: Veränderung der Baukosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)
[Eigene Darstellung]

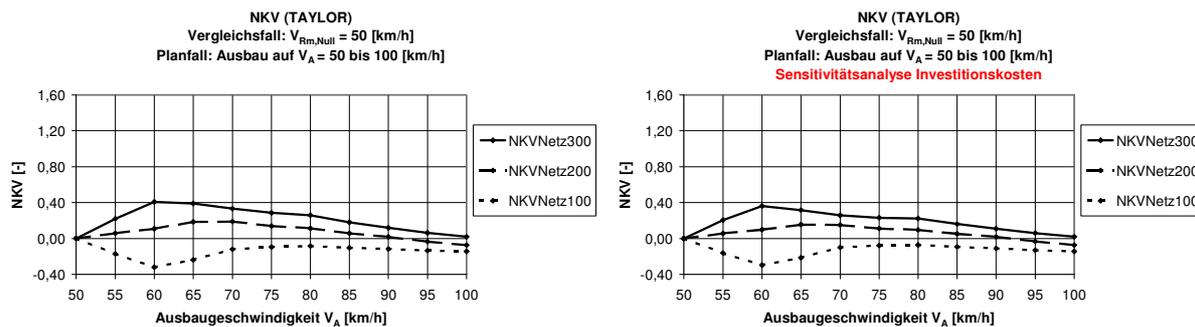


Abbildung 11.8: Sensitivitätsanalyse: Veränderung der Baukosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)
 [Eigene Darstellung]

Durch die beschriebene Variation der Investitionskosten ergeben sich:

- Für das NKV(EWS) ein geringeres Maximum, wobei die Reduzierung bei ca. 15 Prozent liegt. Das maximale NKV(EWS) verschiebt sich für das N300`er Netz von $V_A = 65$ auf $V_A = 60$ [km/h].
- Für das NKV(TAYLOR) ergeben sich keine wesentlichen Änderungen.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass sich das NKV (EWS) und NKV (TAYLOR) stabil gegenüber Veränderungen der Investitionskosten verhält.

11.4 Kosten für den Straßenoberbau

Die Stärke des wird über die Bauklasse⁵⁵ nach den [RStO FGSV 2001] berücksichtigt. Sie wird mit geringerer Belastung (Tonnagebegrenzung) reduziert. Selbst bei einer maximal möglichen Differenz zwischen Bauklasse III und Bauklasse V von 10 cm in der Stärke des Straßenoberbaus ändern sich die Baukosten insgesamt nur um maximal 10 Prozent. Diese Änderung hat nur einen geringen Einfluss auf die Nutzen-Kosten-Verhältnisse.

⁵⁵ „Fahrbahnen und sonstige Verkehrsflächen, ausgenommen Rad- und Gehwege, werden entsprechend der Beanspruchung aus Verkehr den Bauklassen SV und I bis VI zugeordnet [vgl. RStO FGSV 2001]“. Die Dicke des Oberbaus richtet sich nach äquivalenten 10-t-Achsübergängen, die entweder aus Messungen oder über den DTV bestimmt werden. Für das nachgeordnete Straßennetz mit seiner per se geringen Verkehrsbelastung kommen sinnvoll nur die Bauklassen III, IV oder V zum tragen.

12 Reflexion der Aufgabenstellung, Übertragbarkeit und Praxisrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse

12.1 Zur Zielstellung der vorliegenden Arbeit

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit waren folgende Fragestellungen:

- Können über die Festlegung differenzierter Geschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz Veränderungen von Kosten nachgewiesen werden?
- Lässt sich damit die Einführung von räumlich differenzierten Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen ausreichend begründen?

Die gestellten Fragen können wie folgt beantwortet werden:

- Es konnte nachgewiesen werden, dass sich mit differenzierten Ausbaugeschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz die erzielbaren Nutzen-Kosten-Verhältnisse für das Gesamtnetz ändern.
- Im Vergleich zum vorhandenen Ausbaustandard, dem die zulässige Höchstgeschwindigkeit zugrunde liegt, lassen die bei geringeren Ausbaugeschwindigkeiten erreichbaren maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnisse differenzierte Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen sinnvoll erscheinen.

12.2 Ausbau von Einzelstrecken oder zusammenhängenden Straßennetzteilen?

Untersucht wurden nachgeordnete Straßennetze mit Gesamtverkehrsstärken von $q \leq 100$, $q \leq 200$ und $q \leq 300$ [Kfz/h]. Über die zugehörigen Straßenlängen im Untersuchungsgebiet ergeben sich zum einen unterschiedlich große nachgeordnete Straßennetze, zum anderen aber auch differenzierte Zusammenhänge der Strecken zueinander. Während das N100'er Netz noch überwiegend aus Einzelstrecken besteht, sind beim N300'er Netz zusammenhängende Netzteile erkennbar. Abbildung 6.1 zeigt dies.

Dieser Unterschied wirkt sich sowohl auf die Nutzen-Kosten-Verhältnisse (die maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnisse werden jeweils für das N300'er Netz erreicht) als

auch auf die Nutzerkosten (die niedrigsten Nutzerkosten ergeben sich ebenfalls für das N300'er Netz) aus.

Das Ergebnis, dass nur über den Ausbau zusammenhängender Straßennetzteile maximale Nutzen-Kosten-Verhältnisse erreicht werden können, ist nicht nur für das Untersuchungsgebiet gültig. Es ist als grundsätzliche Aussage einzustufen und daher auf nachgeordnete Straßennetze anderer Gebiete übertragbar.

12.3 Kostenoptimaler Ausbaustandard

Betrachtet man die hergeleiteten Kurven der Nutzen-Kosten-Verhältnisse, so fällt beim Vergleich der Kurven auf, dass die den maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnissen zuzuordnenden Ausbaugeschwindigkeiten zwischen $60 \leq V_A \leq 70$ [km/h] variieren. Ein *kostenoptimaler* Ausbaustandard für das nachgeordnete Straßennetz im Untersuchungsgebiet wird demnach dann erreicht, wenn die Ausbaugeschwindigkeit innerhalb dieses Wertebereichs liegt. Diese Aussage gilt sowohl für die Grundannahmen als auch für die Sensitivitätsanalysen.

Die geringe Schwankungsbreite ist jedoch auf die Netzkonstellation des Untersuchungsgebietes zurückzuführen. Die Begründung ist in den Fahrleistungs- und Fahrzeitkurven der Abbildung 6.2 für das gesamte Netz zu suchen. Diese ergeben sich nur aus dem Netzzusammenhang.⁵⁶ Insbesondere sei an dieser Stelle auf die Lage und Ausprägung des Fahrleistungsminimums hingewiesen, dass auch prägend für die ermittelten Nutzen-Kosten-Verhältnisse ist. Andere Netzkonstellationen wie abgestufte Verkehrsbelastungen, Straßenquerschnitte, Verbindungslinien und die sich daraus ergebenden Umwegfahrten, und die auf den nachgeordneten Straßennetzteilen gefahrenen Geschwindigkeit $V_{Rm,Null}$ werden andere Ergebnisse bringen.

Da die Fahrzeit das Optimierungskriterium bei der Netzmodellierung ist, wird sich in anderen Netzen ein ähnlicher Verlauf der Fahrzeitkurven wie in Abbildung 6.2 ergeben; Unterschiede sind nur bei den Steigungen der Geraden zu erwarten.

⁵⁶ Die Begründung ist dem Kapitel 6.5.2 zu entnehmen, welchem weiterführende Erläuterungen zu den Fahrleistungen und den Fahrzeiten entnommen werden können.

Die Nutzerkosten, die von der Fahrzeit abhängen, würden sich somit ebenfalls nur in diesen Grenzen verändern.

Beispielhaft wird für die Begründung dieser Aussage die Geschwindigkeit $V_{Rm,Null}$ herangezogen. Bei einer nur geringen Differenz der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit auf den nachgeordneten Straßennetzteilen zu denen auf den übergeordneten Straßennetzteilen wird das nachgeordnete Straßennetze erst dann attraktiver, wenn die Ausbaugeschwindigkeit oberhalb der auf den übergeordneten Straßennetzteilen tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten liegt.

Diese Situation ist vor allem im flachen Gelände vorstellbar. Die Fahrleistungskurven für solche Gebiete verlaufen voraussichtlich wesentlich anders als die des Untersuchungsgebiets; der tatsächliche Verlauf kann jedoch nicht geschätzt werden, sondern muss durch weitere Untersuchungen bestimmt werden.

In diesem Punkt können die vorliegenden Ergebnisse nur bedingt als allgemeingültig angesehen und auf andere Netze übertragen werden: wenn ein Gebiet den gleichen Auswahlkriterien genügt wie das Untersuchungsgebiet, können die gewonnenen Erkenntnisse nach Meinung des Autors darauf angewendet werden.

12.4 Auswirkung der erarbeiteten Ergebnisse auf zukünftige Planungen

Legt man zukünftigen Planungen eine Ausbaugeschwindigkeit von z.B. 70 [km/h]⁵⁷ zugrunde, so impliziert diese Festlegung eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von ebenfalls 70 [km/h] innerhalb der nachgeordneten Straßennetzteile. Nur über die Liniennführung erscheint es für diese zulässige Höchstgeschwindigkeit nicht möglich zu sein, die angestrebte Übereinstimmung der kognitiven mit der geplanten Kategorisierung von Strassen zu erreichen. Die Vorgaben an die Entwurfselemente wären so eng zu fassen, dass eine wirtschaftliche Anpassung an das vorhandene Gelände oder an andere Zwangspunkte nicht möglich ist. Auch ist eine kognitiv erfassbare ge-

⁵⁷ Dem maximalen NKV (EWS) ist eine Ausbaugeschwindigkeit von 65 [km/h], dem maximalen NKV (TAYLOR) eine von 60 [km/h] zuzuordnen (siehe auch Abbildung 10.1). Die beispielhaft angegebene Ausbaugeschwindigkeit von 70 [km/h] weist zwar ein geringeres NKV auf, jedoch berücksichtigt dieser Ansatz die üblicherweise auf 70 [km/h] beschränkte Geschwindigkeit an Knotenpunkten.

geschwindigkeitsbezogene Abstufung der Planungsvorgaben aufgrund der Höhe der Ausbaugeschwindigkeit schwierig.

Daraus kann abgeleitet werden, dass für das nachgeordnete Straßennetz ein Geschwindigkeitsbezug zu den Trassierungsparametern nicht sinnvoll ist. Planungsvorgaben könnten sich vielmehr an den Belangen z.B. der Verkehrssicherheit, des Straßenbetriebs, der Wirtschaftlichkeit usw. orientieren. Der angestrebte selbsterklärende Effekt von Straßen ist dann über Maßnahmen, wie sie beispielhaft in Abbildung 2.1 dargestellt sind, zu gewährleisten.

13 Zusammenfassung

Das postulierte Ziel der Politik war es bisher, gleichwertige Lebensverhältnisse in allen Teilräumen der Bundesrepublik Deutschland herzustellen. Spätestens mit dem Beschluss der 32. Ministerkonferenz für Raumordnung vom 28. April 2005 wurde dieser Anspruch aufgegeben und als neue nationale Zielsetzung eine *bedarfsgerechte öffentliche Infrastrukturversorgung* festgelegt. Die Anpassung der vorhandenen öffentlichen Infrastruktur an diese Zielsetzung soll über die Neuordnung der Zentrale-Ordnung-Hierarchie erfolgen. Diese politische Festlegung birgt die Revision des Systems der Zentralen Orte in sich.

Für die Straßeninfrastruktur bedeutet das, dass die vorhandenen Erreichbarkeitskriterien und die funktionale Gliederung der Straßennetze überprüft werden müssen. Das betrifft maßgebend Straßen, die den Straßenkategorien AIII bis AIV, d.h. dem nachgeordneten Straßennetz zuzuordnen sind.

Aus diesem Ansatz leitet sich die Diskussion über räumlich differenzierte Ausbaugüten von Straßen ab. Die vorliegende Arbeit greift diese Diskussion auf und versucht, unter Zuhilfenahme der wirtschaftlichen Bewertungsmethodik der Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen [EWS FGSV 1997] die Beantwortung der folgenden Fragen:

- Können über die Festlegung differenzierter Geschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz Veränderungen von Kosten nachgewiesen werden?
- Lässt sich damit die Einführung von räumlich differenzierten Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen ausreichend begründen?

Differenzierte Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen werden dabei im Rahmen dieser Arbeit über die Ausbaugeschwindigkeit V_A beschrieben. Sie stellt die Geschwindigkeit dar, die bei einer vorgegebenen Gesamtverkehrsstärke auf allen Straßen der nachgeordneten Straßennetzteile gefahren werden kann und impliziert die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Ausbaugeschwindigkeiten zwischen $V_A = 50$ bis 100 [km/h] in diskreten Schritten von 10 [km/h] vorgegeben.

Entscheidungskriterium für eine kostenoptimale Ausbaugeschwindigkeit ist das über die Ansätze der [EWS FGSV 1997] berechnete Nutzen-Kosten-Verhältnis. Dazu wurden die Veränderungen der Hauptnutzenkomponenten Betriebskosten, Unfallkosten und Zeitkosten und für die Kostenseite die Veränderung der Baukosten untersucht.

Die aufgeführten Hauptnutzenkomponenten wurden über die Berechnungsvariablen Fahrzeit und Fahrleistung bestimmt. Es ergab sich jedoch die Schwierigkeit, dass beide Berechnungsvariablen von den Verkehrsverlagerungseffekten abhängen, die aufgrund der verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten zwangsläufig auf allen Straßennetzteilen entstehen.

Für ein ausgewähltes Untersuchungsgebiet im Ostthüringer Raum wurde deshalb ein Verkehrsmodell mit fast 1000 Kilometer Straßennetzlänge aufgebaut. Zunächst wurde für das Untersuchungsgebiet der „Ist-Zustand“ modellmäßig erfasst. Zur Berücksichtigung der Stadt-Umland-Beziehungen wurde auch das Innerortsnetz der Stadt Gera (ca. 100.000 Einwohner) mit abgebildet. Anschließend wurde im anteiligen nachgeordneten Straßennetz die Ausbaugeschwindigkeit entsprechend den aufgeführten Vorgaben zwischen $50 \leq V_A \leq 100$ [km/h] variiert. Aus den Umlegungsrechnungen wurden für jedes Netzelement und für jede Ausbaugeschwindigkeit die Veränderungen der Fahrzeiten und Fahrleistungen je Zeitintervall ausgelesen.

Um ergänzend herauszufinden, inwieweit wirtschaftliche Bewertungen von unterschiedlichen Netzstrukturen abhängen, wurden nachgeordnete Straßennetze mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$, $q \leq 200$ und $q \leq 300$ Kfz in der Spitzenstunde untersucht. Über die Definition der Gesamtverkehrsstärke ergaben sich unterschiedliche Netzgrößen und zugehörige Straßenlängen.

Als erste Ergebnisse⁵⁸ dieser Arbeit können festgehalten werden:

- Die Kfz-Fahrleistungen im Gesamtnetz (den Bundesautobahnen, den Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen und den Innerortsstraßen) können dann minimiert werden, wenn das nachgeordnete Straßennetz auf eine Ausbaugeschwindigkeit zwischen $70 < V_A < 80$ [km/h] hin ausgebaut wird.
- Die Kfz-Fahrzeiten im Gesamtnetz fallen kontinuierlich mit der Erhöhung der Ausbaugeschwindigkeit auf den nachgeordneten Straßennetzteilen.
- Der Zusammenhang der Strecken im nachgeordneten Straßennetz zueinander und die Anbindung an das übergeordnete Straßennetz ist für die Ausprägung des Fahrleistungsminimums bzw. für die Höhe der Fahrzeitenreduzierung maßgebend. Je besser der Zusammenhang und je besser die Anbindung, desto größer sind die erreichbaren Reduzierungen.

Die derart ermittelten Kfz-Fahrleistungen und Kfz-Fahrzeiten flossen unmittelbar in die Berechnung der jährlichen Betriebs-, Unfall- und Zeitkosten ein.

In Bezug auf die Unfallkosten erschienen die berechneten Ergebnisse diskussionsbedürftig. Die Unfallkosten blieben nahezu konstant und waren kaum von den Ausbaugeschwindigkeiten abhängig. Dieses Resultat liegt in der Bewertungsgröße für die Unfallkosten, der Unfallrate, begründet. Die Unfallrate leitet sich aus der durchschnittlich zu erwartenden Unfallzahl, die auf eine bestimmte Fahrleistung entfällt, ab. Das prinzipielle Fahrverhalten der Autofahrer richtet sich jedoch auch nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h]. Die in den [EWS FGSV 1997] angegebenen Unfallraten implizieren somit diese zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h]. Sie konnten mangels statistischer Grundlagen nicht auf unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten angepasst werden. Die neben der Kfz-Fahrleistung für die Berechnung der Unfallkosten maßgebende Einflussgröße „Unfallrate“ floss somit in die Berechnung der Unfallkosten als eine von der Ausbaugeschwindigkeit unabhängige Größe ein und führt nicht zu Veränderungen bei den Unfallkosten.

⁵⁸ Sämtliche Ergebnisse beziehen sich auf das Untersuchungsgebiet.

Untersuchungen verschiedener Autoren haben demgegenüber gezeigt, dass Geschwindigkeitsveränderungen einen maßgebenden Einfluss auf die Anzahl der Unfälle und damit auf die Unfallkosten haben. Der Ansatz von [TAYLOR 2002] erwies sich als geeignet, diesen Einfluss für deutsche Verhältnisse zu berücksichtigen. Nachteilig bei diesem Ansatz ist jedoch, dass der Bezug zur Veränderung der Fahrleistung aufgrund der Verkehrsverlagerungseffekte fehlt. Deshalb wurden Nutzen-Kosten-Verhältnisse unter Berücksichtigung der Unfallkosten sowohl nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] als auch nach dem von [TAYLOR 2002] berechnet und anschließend gegenübergestellt.

Baukosten waren nur innerhalb der Straßennetzteile zu berücksichtigen, in denen auch Baumaßnahmen stattfinden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte die Ausbauqualität nur des nachgeordneten Straßennetzes verändert werden. Baukosten fallen somit ausschließlich dort an. Zur Bestimmung der Baukosten wurde ein theoretischer Ansatz entwickelt, mit dem die jährlichen Baukosten in Abhängigkeit der Ausbaugeschwindigkeit V_A abschätzt werden konnten.

Für die Bestimmung der Nutzen-Kosten-Verhältnisse wurden die folgenden Festlegungen getroffen:

Vergleichsfall: Es findet kein Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes statt. Daraus ergibt sich folgender Ansatz: $\min V_A = 50$ [km/h].

Planfall: Es erfolgt ein Ausbau des nachgeordneten Straßennetzes auf verschiedene Ausbaugeschwindigkeiten hin. Dabei werden sowohl für die Nutzen als auch für die Kosten nur die Strecken berücksichtigt, auf denen die geplante Ausbaugeschwindigkeit noch nicht gefahren werden kann. Es wurden die folgenden Planfälle untersucht:

$V_A = 55$ [km/h] bis $V_A = 100$ [km/h] in diskreten Schritten zu 5 [km/h].

Folgende weitere Ergebnisse wurden erarbeitet:

- Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse sind stark vom Zusammenhang der Strecken im nachgeordneten Straßennetz zueinander und von der Anbindung an das übergeordnete Straßennetz abhängig. Je besser der Zusammenhang und die Anbindung, desto größer ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis.

- Die maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnisse für das nachgeordnete Straßennetz mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 300$ Kfz in der Spitzenstunde, d.h. für das Netz mit dem größten Zusammenhang untereinander und mit der besten Anbindung an das übergeordnete Straßennetz, ergaben sich bei einer Ausbaugeschwindigkeit zwischen $60 < V_A < 70$ [km/h].
Werden die Unfallkosten nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] über die Fahrleistung und die Unfallrate bestimmt, so ergibt sich ein maximales Nutzen-Kosten-Verhältnis von $NKV(EWS) = 1,45$.
Werden die Unfallkosten nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002] über Geschwindigkeitsveränderungen ΔV bestimmt, so ergibt sich ein maximales Nutzen-Kosten-Verhältnis von $NKV(TAYLOR) = 0,47$. Dieses Ergebnis bedeutet zwar, dass die Baukosten höher als die damit erreichbaren Nutzen sind, es beschreibt dennoch die wirtschaftlichste Ausbauqualität.
- Minimale Nutzen-Kosten-Verhältnisse ergaben sich für das nachgeordnete Straßennetz mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$ Kfz in der Spitzenstunde, d.h. für ein Netz, das kaum einen Zusammenhang untereinander aufweist. Die dem Netz zugehörigen Straßenabschnitte sind in der Regel nicht an das übergeordnete Straßennetz angebunden.
Bei der Berechnung der Unfallkosten liegt das Nutzen-Kosten-Verhältnis nach dem Ansatz der [EWS FGSV 1997] unter 1,0. Für dieses Straßennetz sind die Baukosten höher als die damit erreichbaren Nutzen.
Wurden die Unfallkosten nach dem Ansatz von [TAYLOR 2002] bestimmt, so ergaben sich grundsätzlich negative Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Dies bedeutet, dass mit jedem Ausbau nur negative Nutzen erreicht werden können.

Um zu überprüfen, wie sensibel die berechneten Nutzen-Kosten-Verhältnisse auf Veränderungen in den Kostenansätzen reagieren, wurden Sensitivitätsanalysen für die Nutzenkomponenten Betriebs- und Zeitkosten⁵⁹ und für die Baukosten durchgeführt.

⁵⁹ Der Einfluss der Unfallkosten auf die berechneten Nutzen-Kosten-Verhältnisse wurde schon mit der Berücksichtigung der Ansätze nach den [EWS FGSV 1977] bzw. nach [TAYLOR 2002] dargestellt.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalysen zeigte, dass sich die Nutzen-Kosten-Verhältnisse stabil gegenüber Veränderungen der Betriebskosten und der Baukosten verhalten. Der Einfluss der Zeitkosten ist jedoch erheblich, insbesondere auf die Höhe der Nutzen-Kosten-Verhältnisse.

Zur ursächlichen Fragestellung konnte nachgewiesen werden,

- dass sich mit differenzierten Ausbaugeschwindigkeiten im nachgeordneten Straßennetz die erzielbaren Nutzen-Kosten-Verhältnisse für das Gesamtnetz ändern.
- Im Vergleich zum vorhandenen Ausbaustandard, dem die gültige zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 [km/h] zugrunde liegt, begründen die bei geringeren Ausbaugeschwindigkeiten erreichbaren maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnisse differenzierte Vorgaben an den Ausbauzustand von Straßen.

Die erreichbaren Effekte sind jedoch stark vom Zusammenhang der Strecken im nachgeordneten Straßennetz zueinander, der Anbindung an das übergeordnete Straßennetz und von der monetären Berücksichtigung der Unfälle und der nutzenstiftenden Tätigkeiten des MIV abhängig.

Als Ergebnis kann die Empfehlung ausgesprochen werden, aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten nachgeordnete Straßennetze, die den Auswahlkriterien des Untersuchungsgebietes in etwa entsprechen, auf eine Ausbaugeschwindigkeit von ca. 60 bis 70 [km/h] auszubauen.

.

Anhang

14 Unfallarten

1. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht

Anfahren oder Anhalten ist hier im Zusammenhang mit einer gewollten Fahrtunterbrechung zu sehen, die nicht durch die Verkehrslage veranlasst ist. Ruhender Verkehr im Sinne dieser Unfallart ist das Halten oder Parken am Fahrbahnrand, auf Seitenstreifen, auf den markierten Parkstellen unmittelbar am Fahrbahnrand, auf Gehwegen oder auf Parkplätzen. Der Verkehr von und zu Parkplätzen mit eigenen Zufahrten gehört zur Unfallart 5.

2. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet

Unfälle durch Auffahren auf ein Fahrzeug, das selbst noch fuhr oder verkehrsbedingt hielt. Auffahren auf anführende bzw. anhaltende Fahrzeuge gehören zur Unfallart 1.

3. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt

Unfälle beim Nebeneinander fahren (Streifen) oder beim Fahrstreifenwechsel (Schneiden).

4. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt

Zusammenstöße im Begegnungsverkehr, ohne dass ein Kollisionspartner die Absicht hatte, über die Gegenspur abzubiegen.

5. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt

Zu dieser Unfallart gehören Zusammenstöße mit dem Querverkehr und Kollisionen mit Fahrzeugen die aus anderen Straßen, Wegen oder Grundstücken einbiegen oder dorthin abbiegen wollen. Das Auffahren auf wartende Abbieger gehört zur Unfallart 2.

6. Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger

Personen, die sich arbeitsbedingt auf der Fahrbahn aufhalten oder noch in enger Verbindung zu einem Fahrzeug stehen, wie Straßenarbeiter, Polizeibeamte bei der Verkehrsregelung oder ausgestiegene Fahrzeuginsassen bei Pannen zählen nicht als Fußgänger. Zusammenstöße mit ihnen gehören zur Unfallart 10.

7. Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn

Zu den Hindernissen zählen z.B. umgestürzte Bäume, Steine, verlorene Fracht sowie freilaufende Tiere oder Wild. Zusammenstöße mit geführten Tieren oder Reitern gehören zur Unfallart 10.

8./9. Abkommen von der Fahrbahn nach rechts/links

Bei diesen Unfallarten ist es nicht zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen. Es kann jedoch weitere Unfallbeteiligte geben, z.B. wenn das verunglückte Fahrzeug von der Straße abgekommen ist, weil es einem anderen Verkehrsteilnehmer ausgewichen ist, ohne ihn zu berühren.

10. Unfall anderer Art

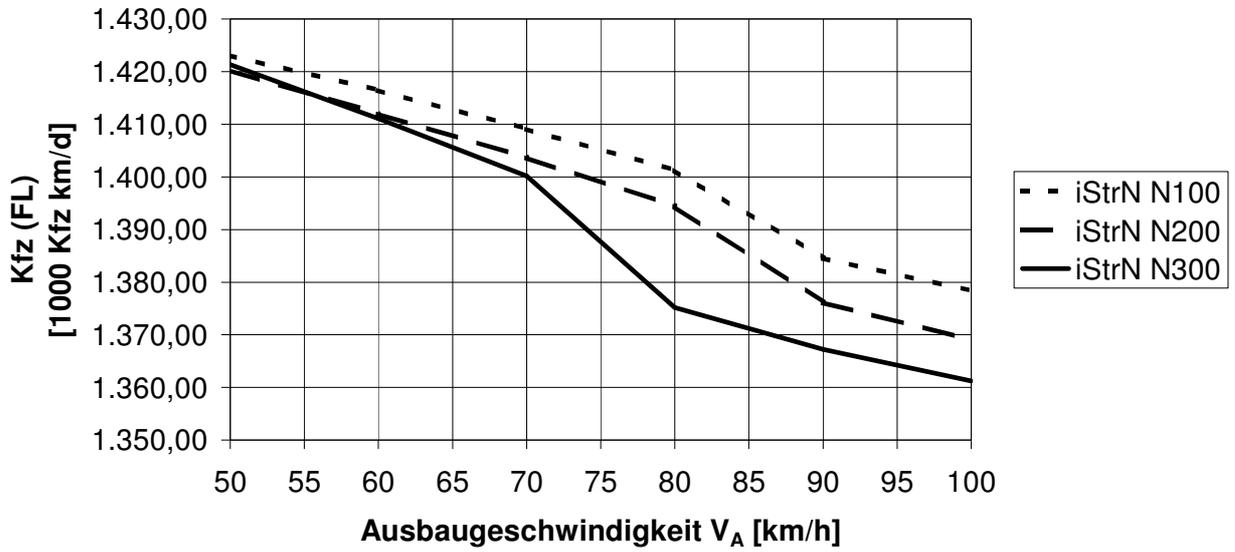
Hier werden alle Unfälle erfasst, die sich nicht einer der Unfallarten von 1 bis 9 zuordnen lassen.

15 Umlegungsergebnisse

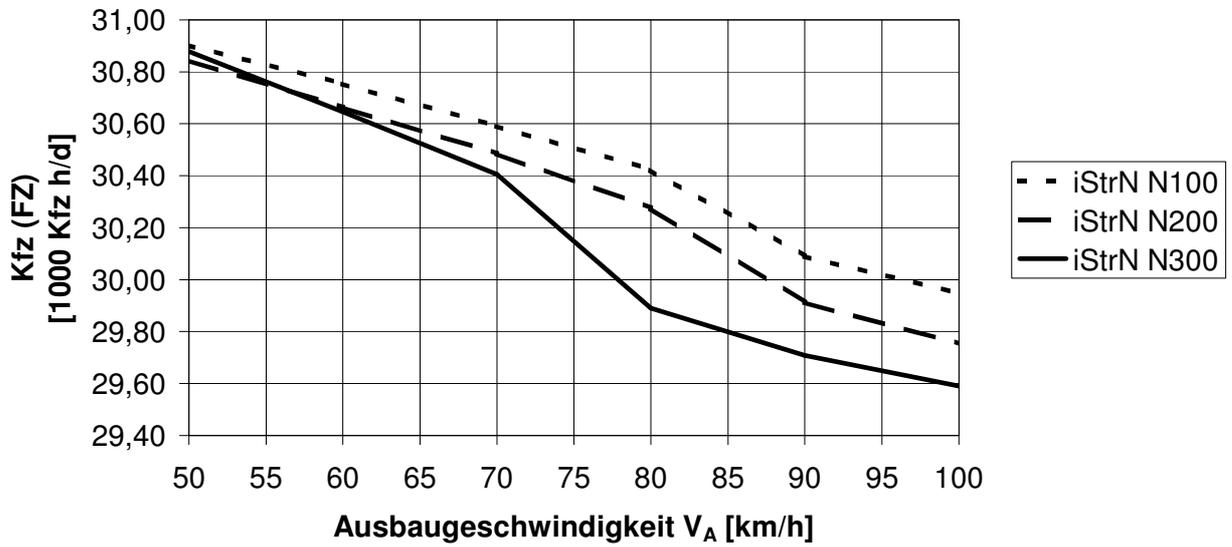
15.1 Kraftfahrzeuge

		Kfz																								
		innerorts IIetz				nachgeordnetes IIetz				übergeordnetes IIetz																
V _{fm,ktz}	Fahrtzeit FZ in [1000 Kfz h/d]	Fahrlistung FL in [1000 Kfz km/d]				Fahrlistung FL in [1000 Kfz km/d]				Fahrlistung FL in [1000 Kfz km/d]																
		50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100							
		AusbaugeschwindigkeitV _A				AusbaugeschwindigkeitV _A				AusbaugeschwindigkeitV _A				AusbaugeschwindigkeitV _A												
		50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
		erreichte mittlere Pkw-Geschwindigkeit V _{fm} in [km/h]				erreichte mittlere Pkw-Geschwindigkeit V _{fm} in [km/h]				erreichte mittlere Pkw-Geschwindigkeit V _{fm} in [km/h]				erreichte mittlere Pkw-Geschwindigkeit V _{fm} in [km/h]												
	30,98	30,90	30,75	30,59	30,42	30,09	29,95	1,427,04	1,423,04	1,416,43	1,409,05	1,401,26	1,384,56	1,378,33	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
	30,98	30,84	30,66	30,48	30,28	29,91	29,75	1,427,04	1,420,28	1,411,98	1,403,68	1,394,39	1,376,13	1,366,98	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
	30,98	30,88	30,65	30,40	29,89	29,71	29,59	1,427,04	1,421,35	1,411,09	1,400,14	1,375,18	1,367,21	1,361,25	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
nachgeordnetes IIetz																										
	1,42	1,53	2,21	2,50	2,64	3,35	3,31	70,20	76,39	132,47	174,36	210,82	301,05	330,71	49	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	
	2,50	2,69	2,92	3,14	3,24	3,82	3,79	130,73	134,30	174,11	218,16	257,15	342,21	375,98	52	50	60	69	79	90	99	90	90	99	99	
	2,92	3,25	3,15	3,33	3,51	3,40	3,45	165,79	162,20	188,74	232,54	280,70	306,38	344,44	57	50	60	70	80	90	90	90	90	90	100	
übergeordnetes IIetz																										
	21,18	21,11	20,27	19,82	19,54	18,83	18,67	1,605,83	1,600,54	1,553,51	1,520,86	1,489,36	1,443,72	1,431,96	76	76	77	77	77	77	77	77	77	77	77	
	20,10	20,11	19,48	18,88	18,51	17,82	17,60	1,545,30	1,540,92	1,511,86	1,478,40	1,459,66	1,416,78	1,412,51	77	77	78	78	79	80	80	80	80	80	80	
	19,69	19,83	19,25	18,50	18,13	17,81	17,43	1,510,24	1,513,63	1,496,12	1,460,37	1,451,64	1,449,81	1,443,93	77	76	78	79	80	81	81	81	81	81	83	
außerorts IIetz																										
	22,61	22,63	22,48	22,32	22,17	22,17	21,98	1,676,03	1,676,93	1,685,98	1,695,22	1,710,19	1,744,77	1,762,67	74	74	75	76	77	79	80	80	80	80	80	
	22,61	22,80	22,40	22,02	21,74	21,64	21,39	1,676,03	1,675,22	1,685,97	1,696,56	1,716,81	1,758,99	1,788,49	74	73	75	77	79	81	84	84	84	84	84	
	22,61	23,08	22,40	21,83	21,65	21,21	20,88	1,676,03	1,675,83	1,684,86	1,692,91	1,732,34	1,756,20	1,786,37	74	73	75	78	80	83	86	86	86	86	86	
BAB																										
	29,75	29,73	29,68	29,60	29,53	29,45	29,40	3,073,57	3,071,89	3,066,98	3,060,18	3,053,90	3,046,57	3,042,40	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	29,75	29,81	29,69	29,56	29,42	29,26	29,13	3,073,57	3,078,28	3,067,55	3,055,84	3,043,13	3,029,64	3,017,18	103	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	
	29,75	29,81	29,67	29,59	29,44	29,31	29,08	3,073,57	3,079,43	3,065,94	3,056,18	3,044,90	3,032,81	3,011,88	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	104	
gesamtes IIetz																										
	83,34	83,27	82,92	82,51	82,13	81,72	81,33	6,176,65	6,171,86	6,169,39	6,164,45	6,165,35	6,175,90	6,183,40	74	74	74	75	75	76	76	76	76	76	77	
	83,34	83,45	82,75	82,06	81,44	80,82	80,27	6,176,65	6,173,79	6,165,50	6,156,08	6,154,33	6,164,76	6,174,86	74	74	75	75	76	76	77	77	77	77	77	
	83,34	83,77	82,72	81,82	80,98	80,23	79,55	6,176,65	6,176,61	6,161,88	6,151,24	6,152,42	6,156,22	6,161,29	74	74	74	75	76	76	77	77	77	77	77	

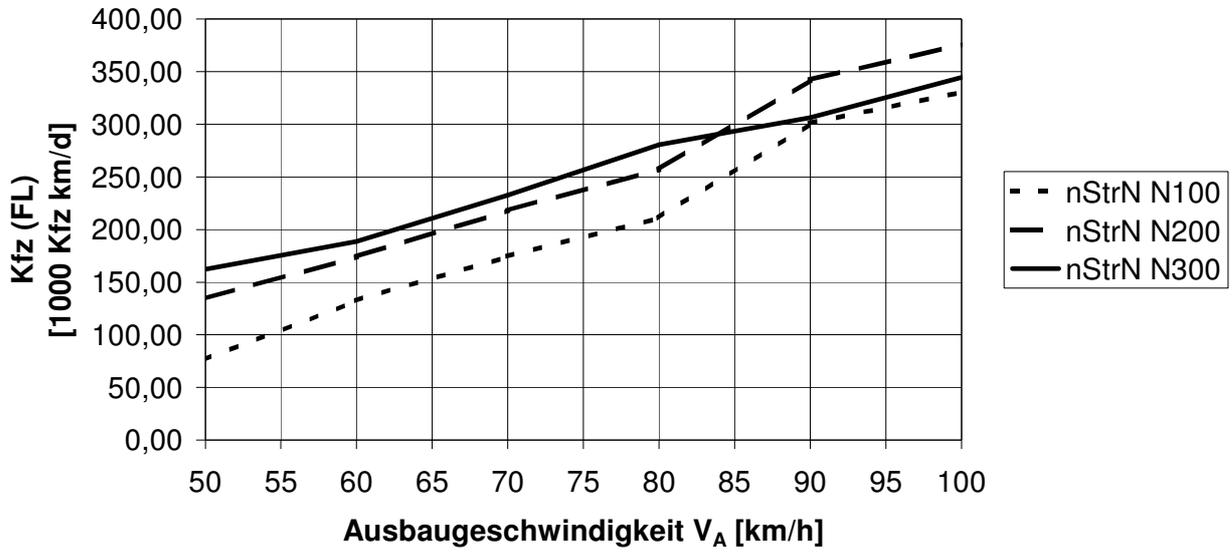
innerorts Netz Kfz Fahrleistungen je Tag



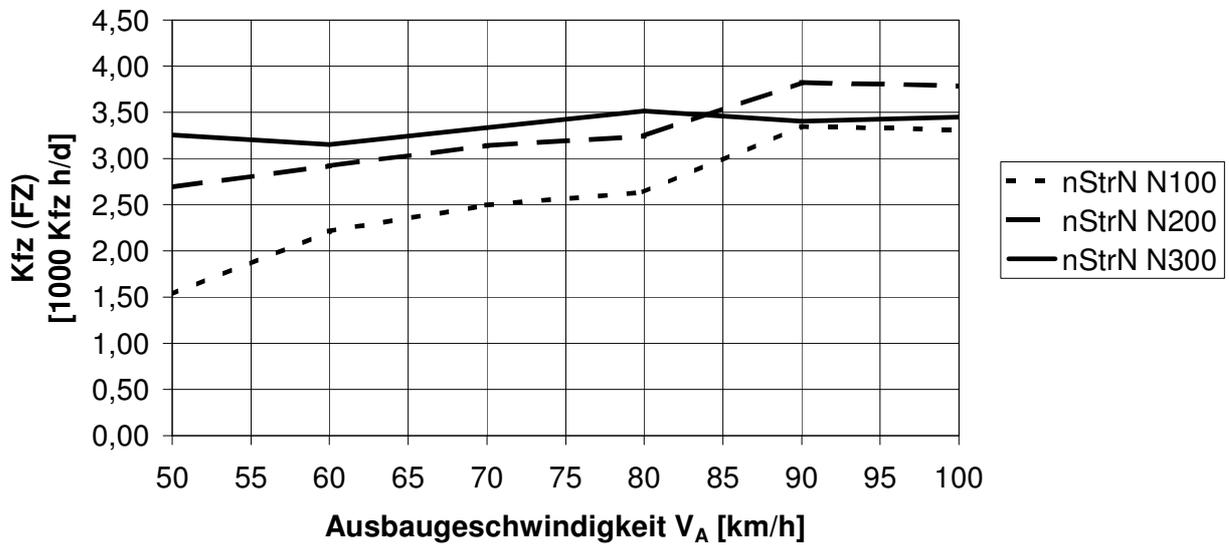
innerorts Netz Kfz Fahrzeiten je Tag



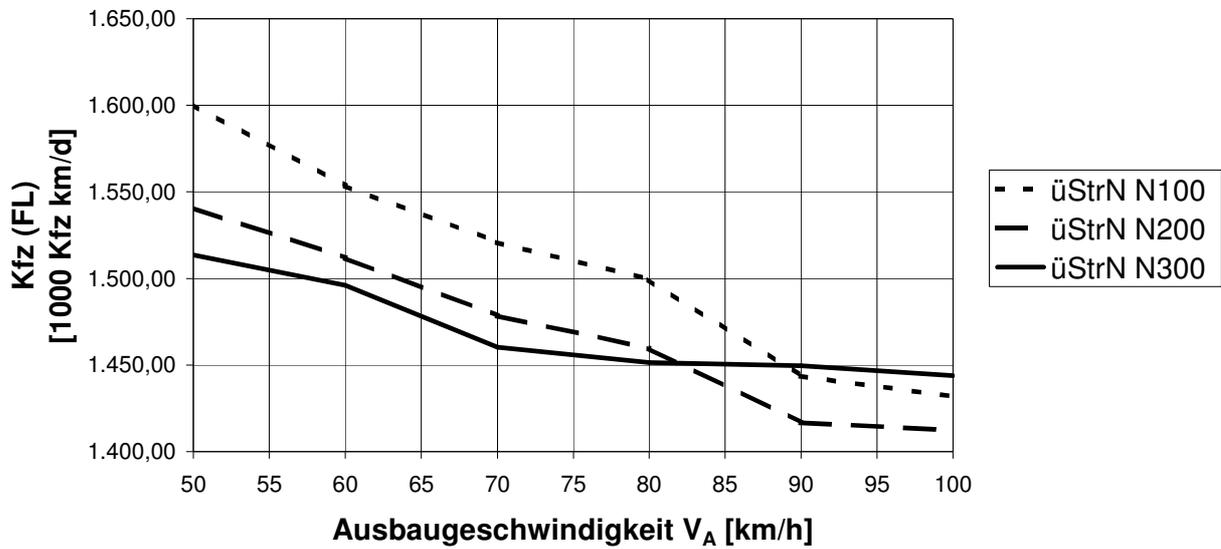
nachgeordnetes Netz Kfz Fahrleistungen je Tag



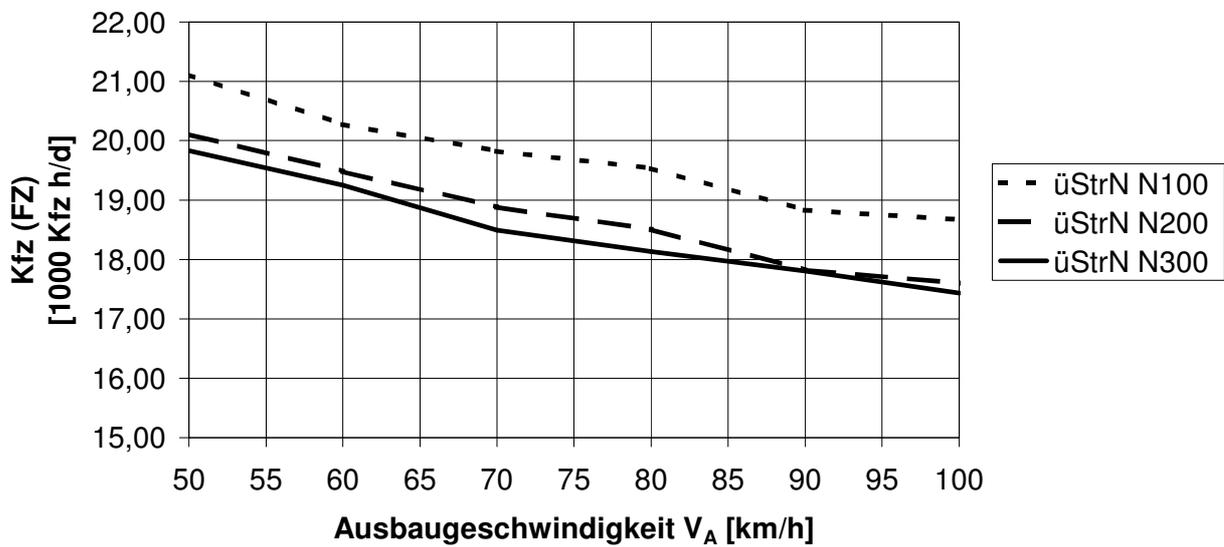
nachgeordnetes Netz Kfz Fahrzeiten je Tag



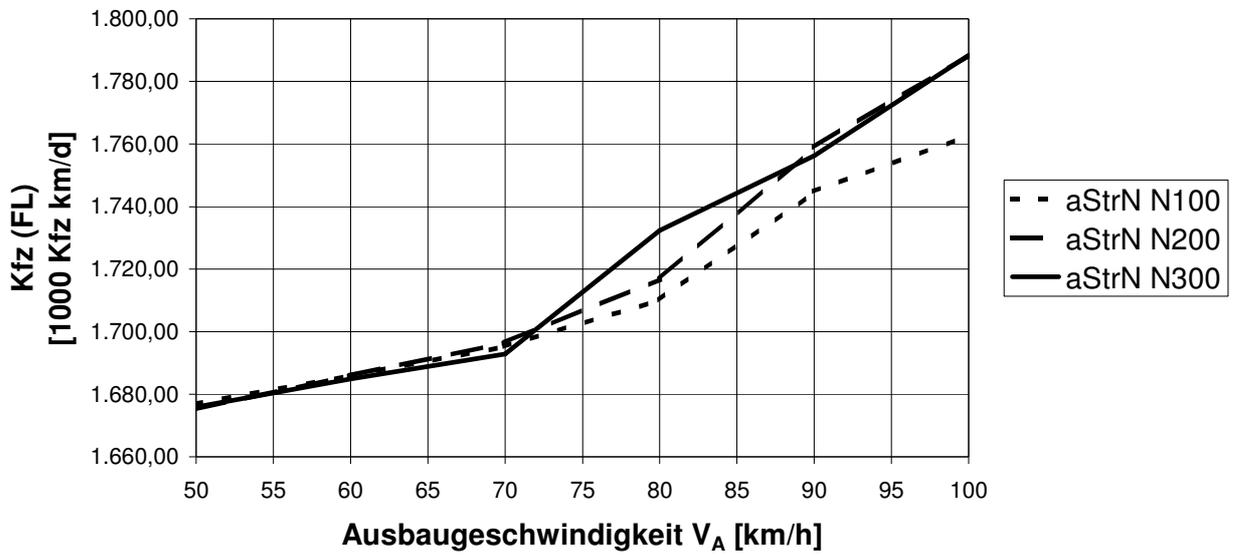
übergeordnetes Netz Kfz Fahrleistungen je Tag



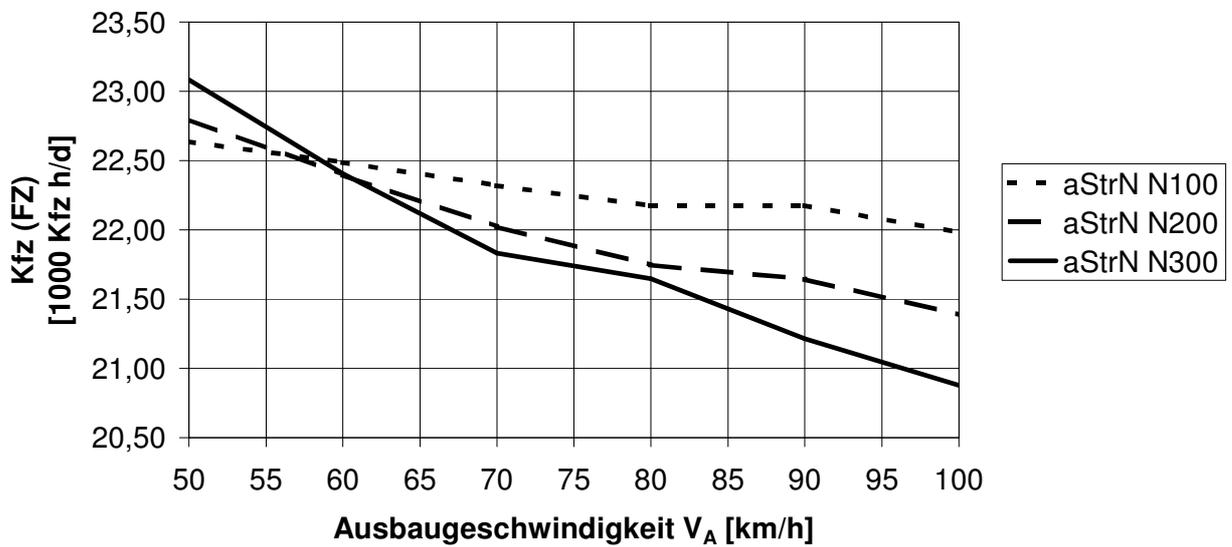
übergeordnetes Netz Kfz Fahrzeiten je Tag



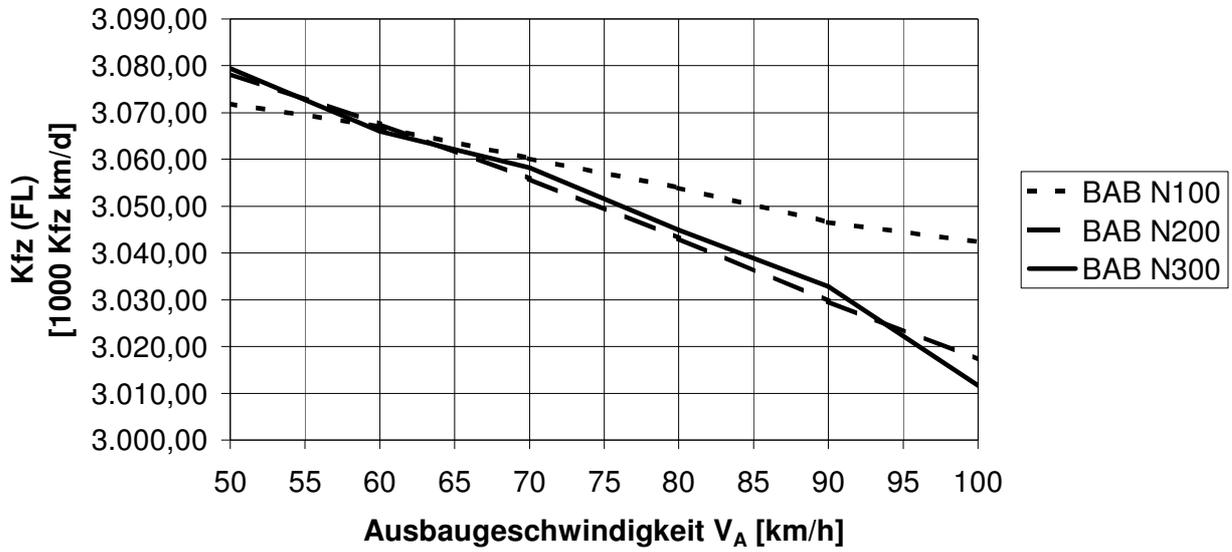
außerorts Netz Kfz Fahrleistungen je Tag



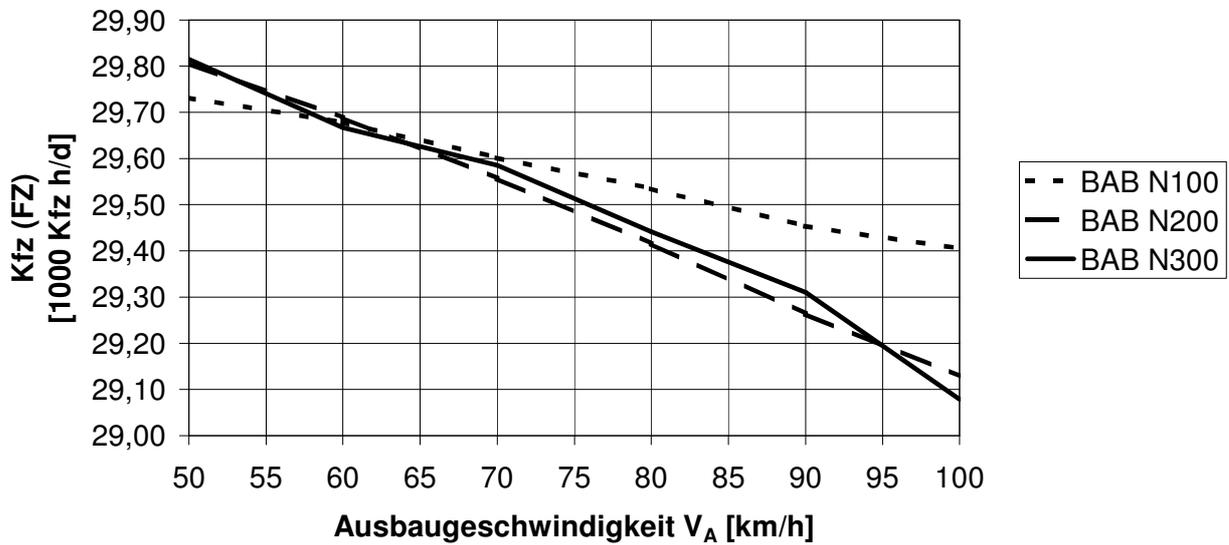
außerorts Netz Kfz Fahrzeiten je Tag



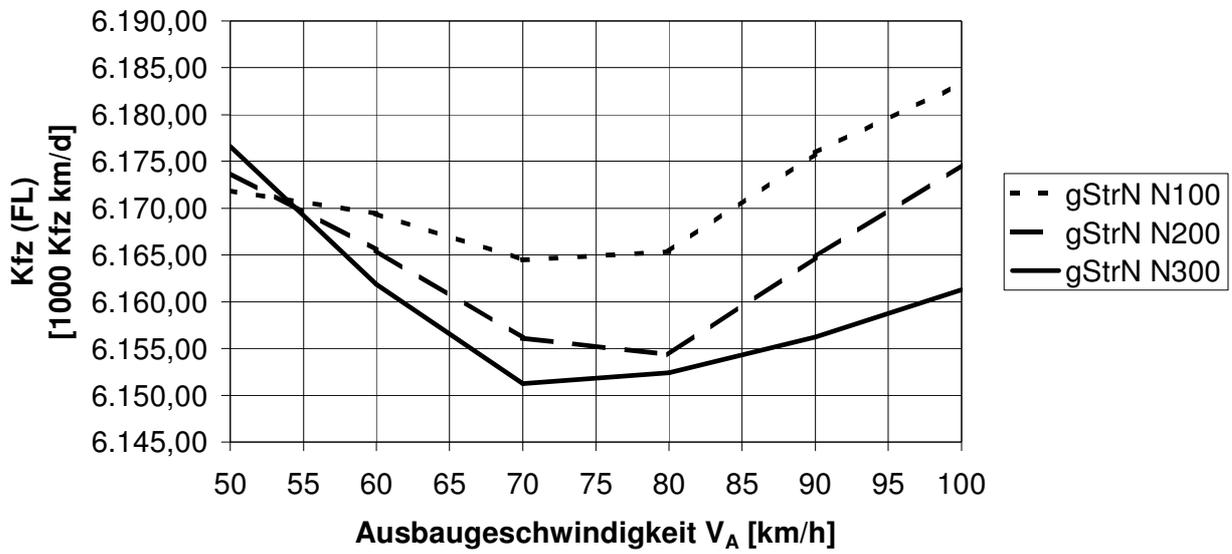
BAB Kfz Fahrleistungen je Tag



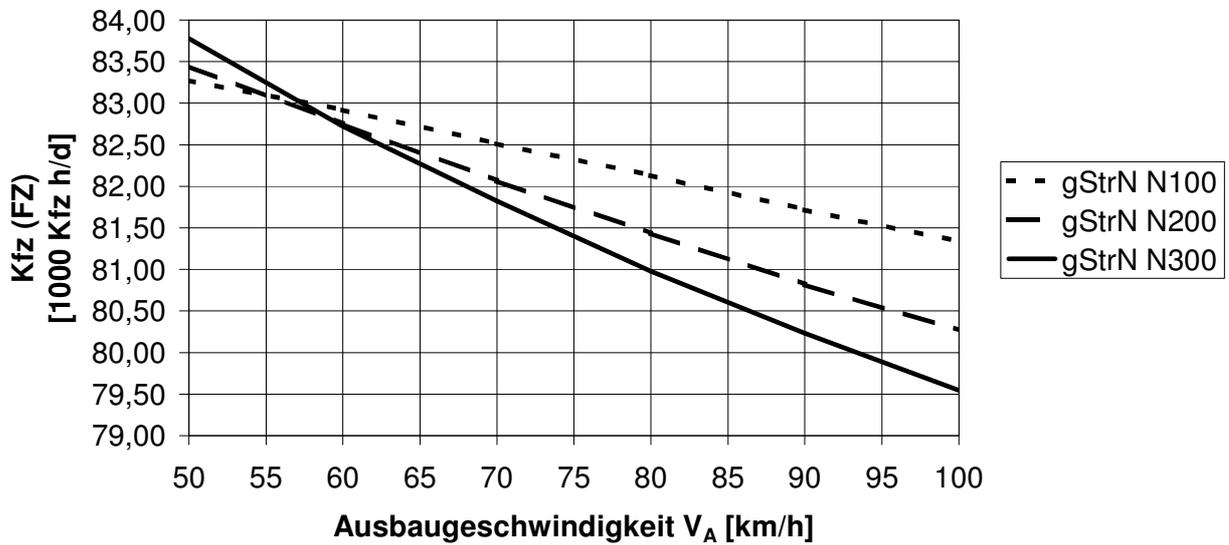
BAB Kfz Fahrzeiten je Tag



**gesamtes Netz
 Kfz Fahrleistungen je Tag**



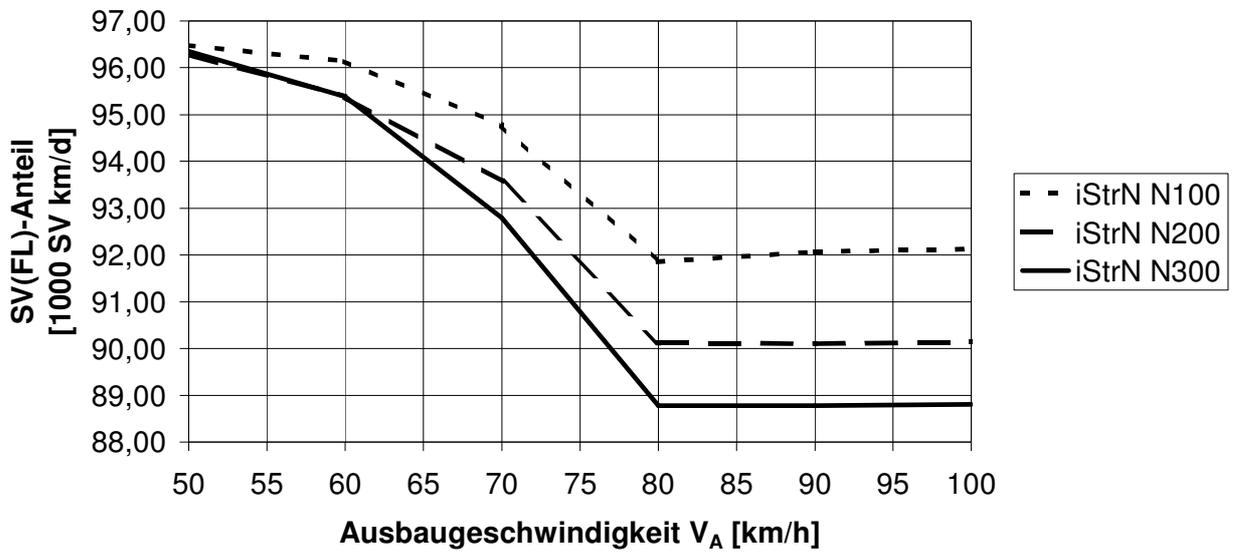
**gesamtes Netz
 Kfz Fahrzeiten je Tag**



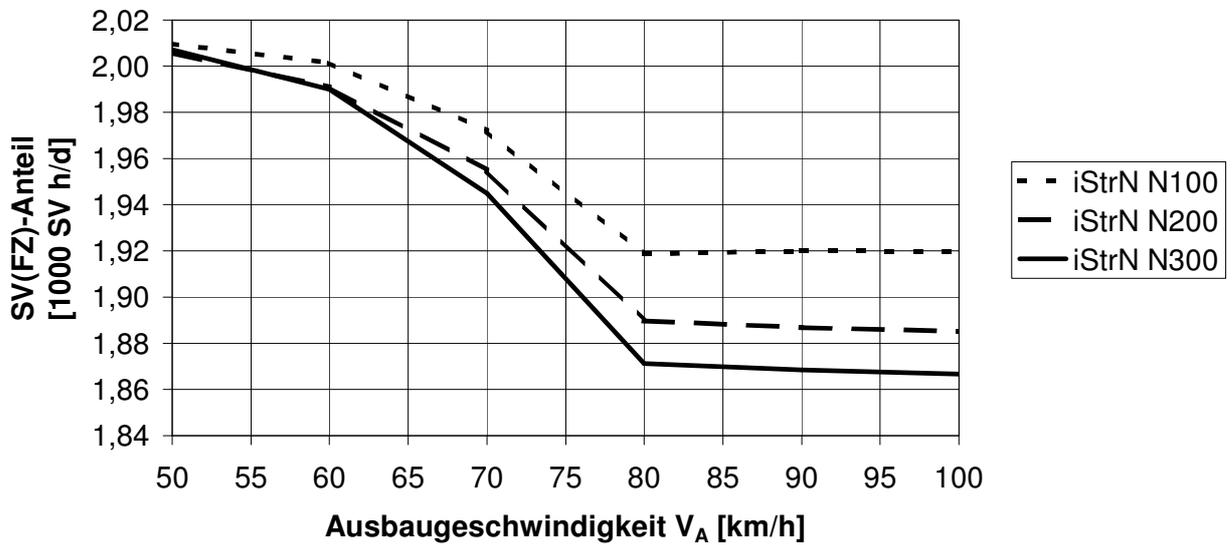
15.2 Schwerverkehr

SV																											
	Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]			AusbaugeschwindigkeitV _A			Fahrlistung FL in [1000 SV km/d]			erreichte mittlere SV-Geschwindigkeit V _{fm} in [km/h]			AusbaugeschwindigkeitV _A														
	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100						
innerorts Netz																											
ISrN N100	2,02	2,01	2,00	1,97	1,92	1,92	1,92	96,79	96,48	96,14	94,77	91,85	92,07	92,13	48	48	48	48	48	48	48	48					
ISrN N200	2,02	2,01	1,99	1,95	1,89	1,89	1,89	96,79	96,28	95,39	93,57	90,12	90,10	90,14	48	48	48	48	48	48	48	48					
ISrN N300	2,02	2,01	1,99	1,94	1,87	1,87	1,87	96,79	96,35	95,38	92,79	88,78	88,80	88,80	48	48	48	48	48	48	48	48					
nachgeordnetes Netz																											
Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]																											
V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100
nSrN N100	0,07	0,09	0,14	0,23	0,32	0,32	0,32	3,69	4,38	8,50	15,98	25,92	25,40	25,26	51	50	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80
nSrN N200	0,13	0,14	0,18	0,25	0,35	0,35	0,34	7,22	6,83	10,70	17,16	27,80	27,67	27,55	55	50	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80
nSrN N300	0,16	0,18	0,21	0,26	0,33	0,33	0,33	10,01	8,98	12,40	18,42	26,47	26,20	26,06	62	50	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80
übergeordnetes Netz																											
Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]																											
V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100
ÜSrN N100	1,93	1,93	1,88	1,83	1,77	1,78	1,74	152,30	151,97	148,97	144,81	139,12	139,29	139,24	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	78	80
ÜSrN N200	1,87	1,88	1,85	1,81	1,75	1,74	1,74	148,77	148,94	147,14	144,68	139,03	139,04	139,18	79	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	80
ÜSrN N300	1,84	1,86	1,83	1,78	1,78	1,78	1,78	145,98	146,94	145,57	142,00	142,18	142,25	142,22	79	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	80
außerorts Netz																											
Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]																											
V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100
aSrN N100	1,93	1,93	1,88	1,83	1,77	1,78	1,74	152,30	151,97	148,97	144,81	139,12	139,29	139,24	79	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	80
aSrN N200	1,87	1,88	1,85	1,81	1,75	1,74	1,74	148,77	148,94	147,14	144,68	139,03	139,04	139,18	79	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	80
aSrN N300	1,84	1,86	1,83	1,78	1,78	1,78	1,78	145,98	146,94	145,57	142,00	142,18	142,25	142,22	79	79	79	79	79	79	78	78	78	78	78	78	80
BAB																											
Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]																											
V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100
BAB N100	7,49	7,48	7,46	7,41	7,39	7,39	7,39	599,08	598,28	596,47	592,82	590,86	590,89	590,96	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
BAB N200	7,49	7,50	7,46	7,41	7,39	7,39	7,39	599,08	599,89	596,98	592,77	591,40	591,40	591,29	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
BAB N300	7,49	7,50	7,46	7,44	7,37	7,37	7,38	599,08	600,12	596,68	595,03	589,83	589,94	590,03	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
gesamtes Netz																											
Fahrzeit FZ in [1000 SV h/d]																											
V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100	V _{fm,km/h}	50	60	70	80	90	100
gSrN N100	11,51	11,50	11,48	11,44	11,40	11,36	11,36	851,86	851,10	850,07	848,37	847,74	847,65	847,59	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	75
gSrN N200	11,51	11,52	11,48	11,43	11,38	11,36	11,36	851,86	851,95	850,20	848,18	848,35	848,22	848,16	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	75	75
gSrN N300	11,51	11,55	11,48	11,42	11,35	11,35	11,35	851,86	852,39	850,04	848,25	847,26	847,16	847,12	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	75	75

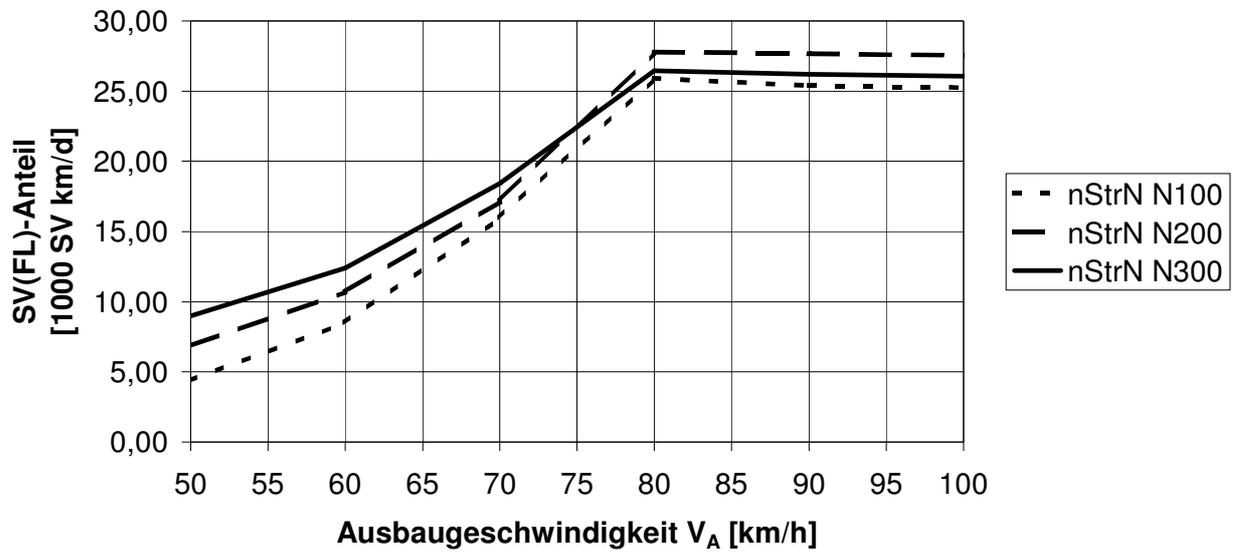
innerorts Netz
SV Fahrleistungen je Tag



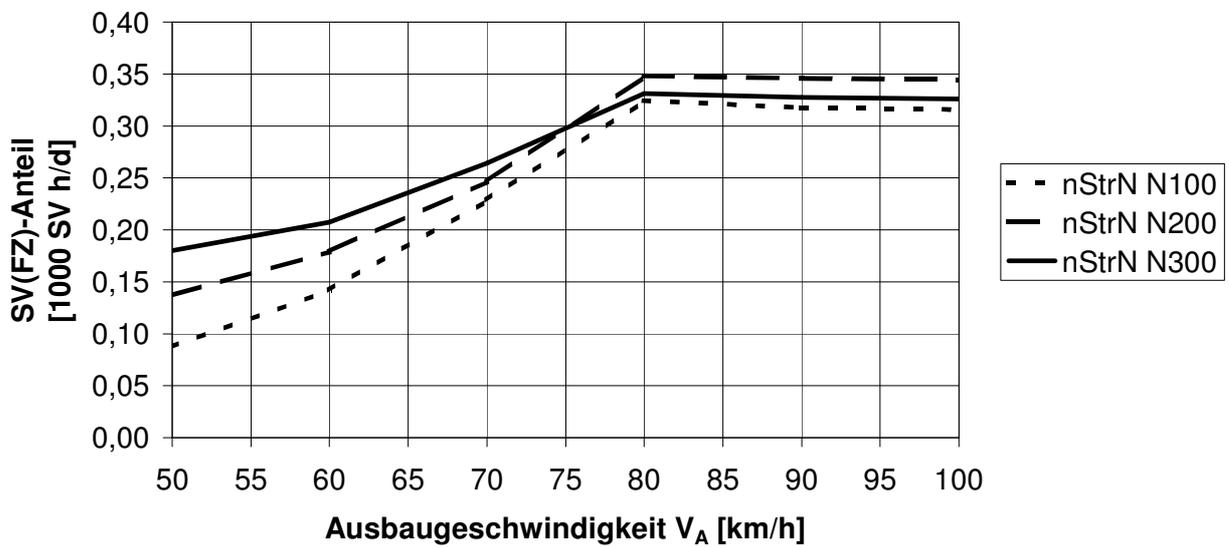
innerorts Netz
SV Fahrzeiten je Tag



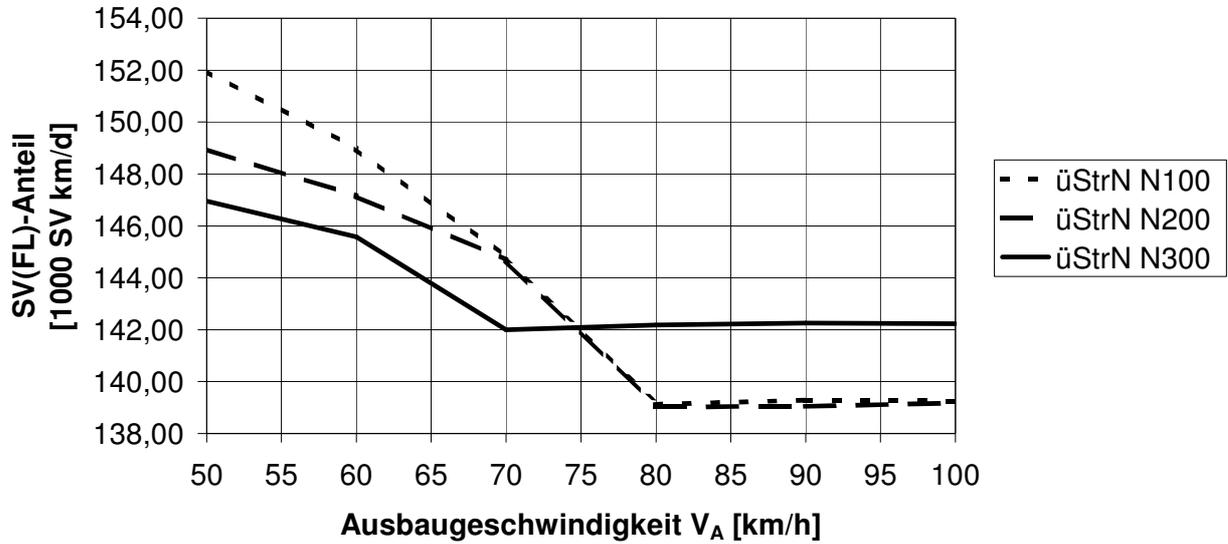
nachgeordnetes Netz SV Fahrleistungen je Tag



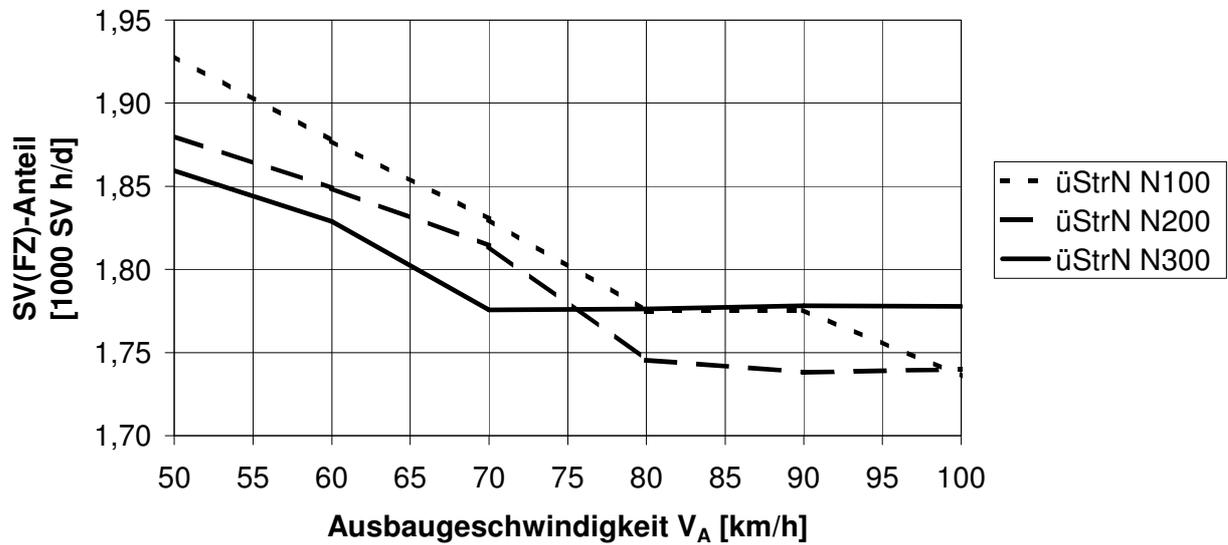
nachgeordnetes Netz SV Fahrzeiten je Tag



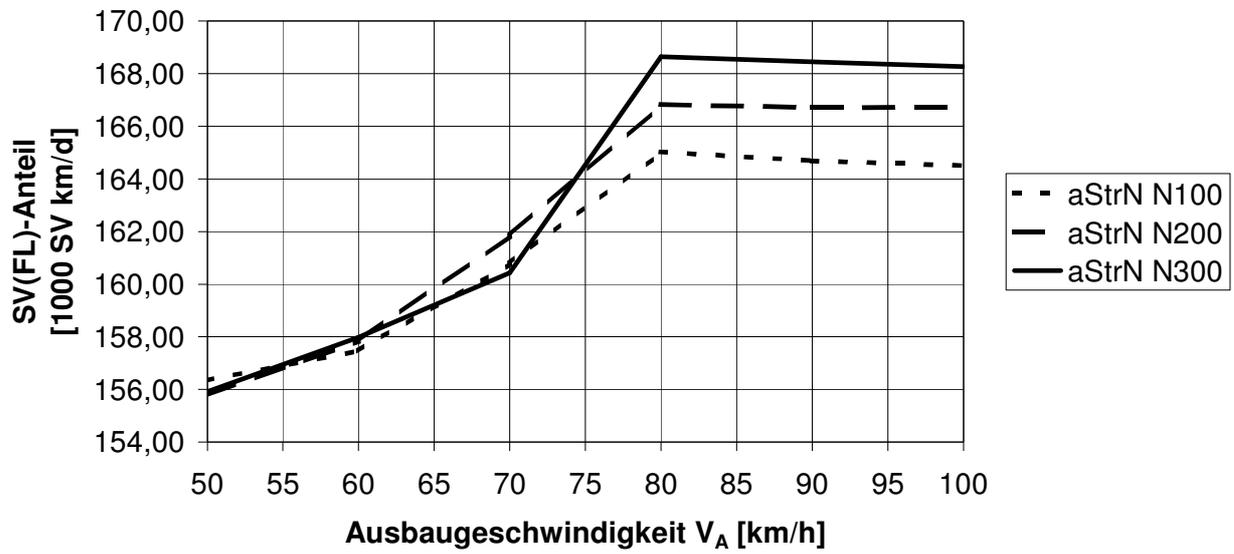
übergeordnetes Netz SV Fahrleistungen je Tag



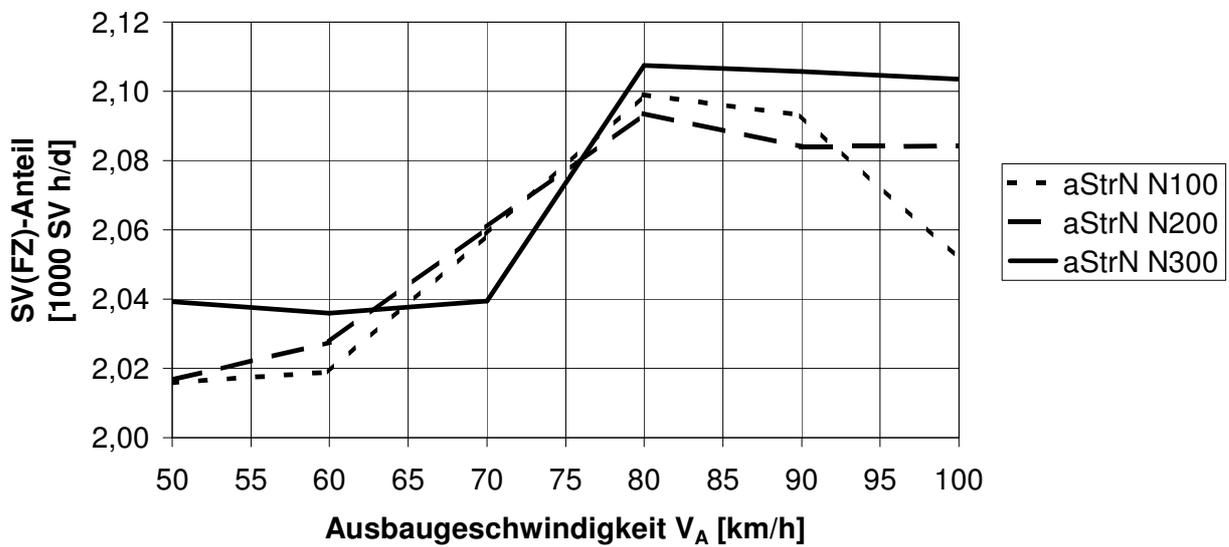
übergeordnetes Netz SV Fahrzeiten je Tag



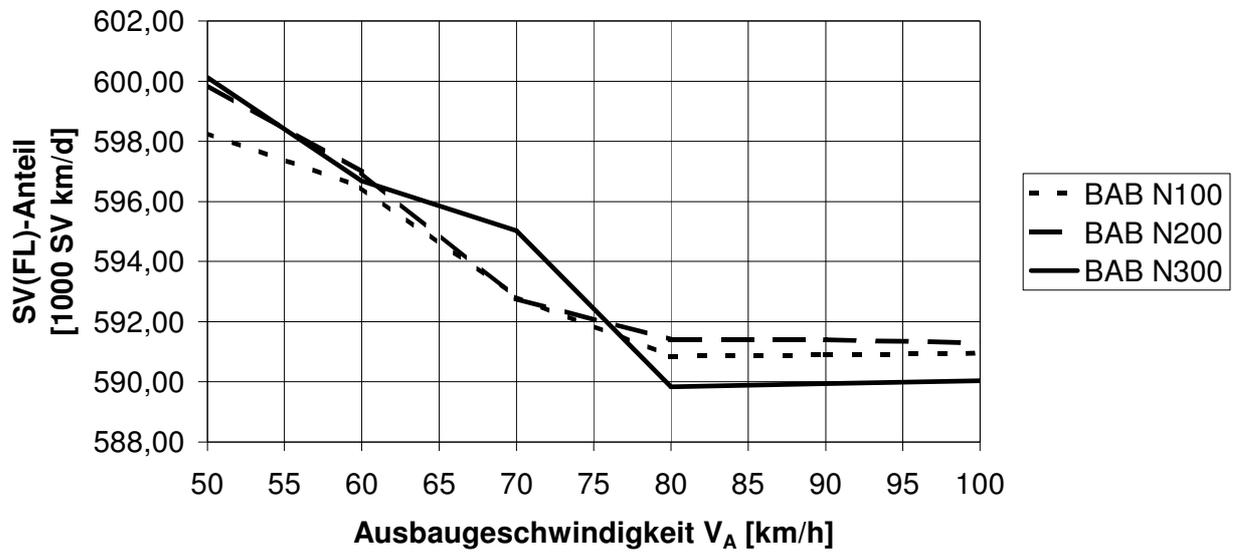
außerorts Netz SV Fahrleistungen je Tag



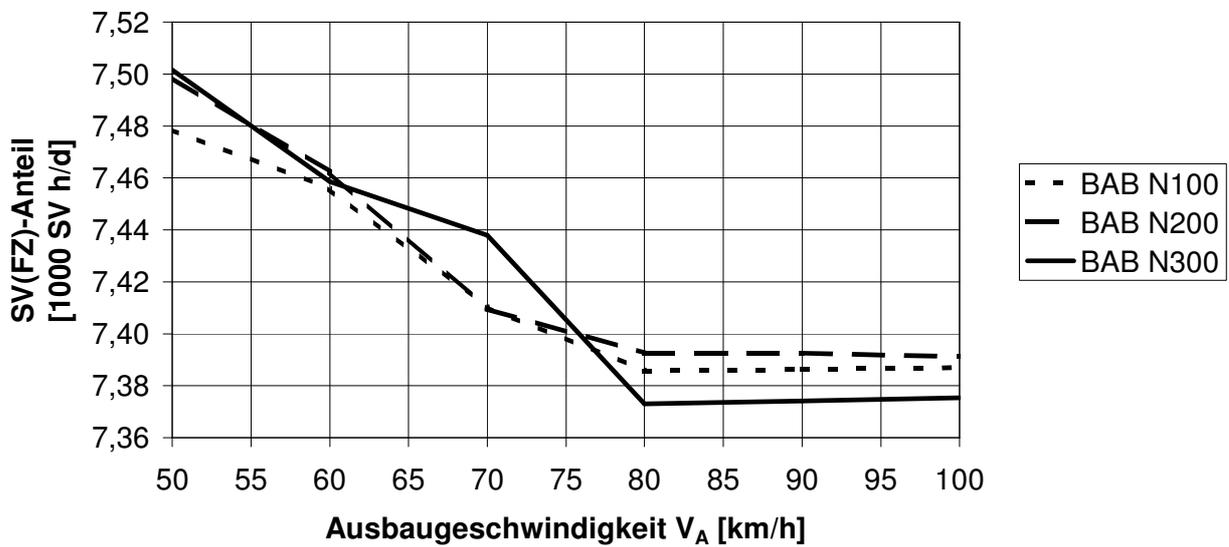
außerorts Netz SV Fahrzeiten je Tag



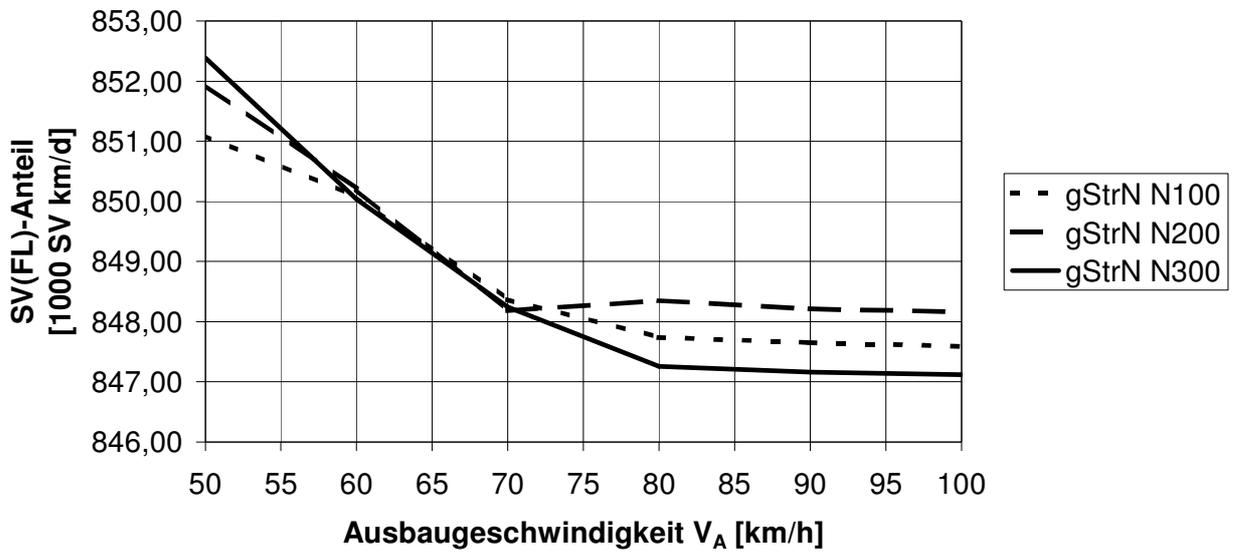
BAB SV Fahrleistungen je Tag



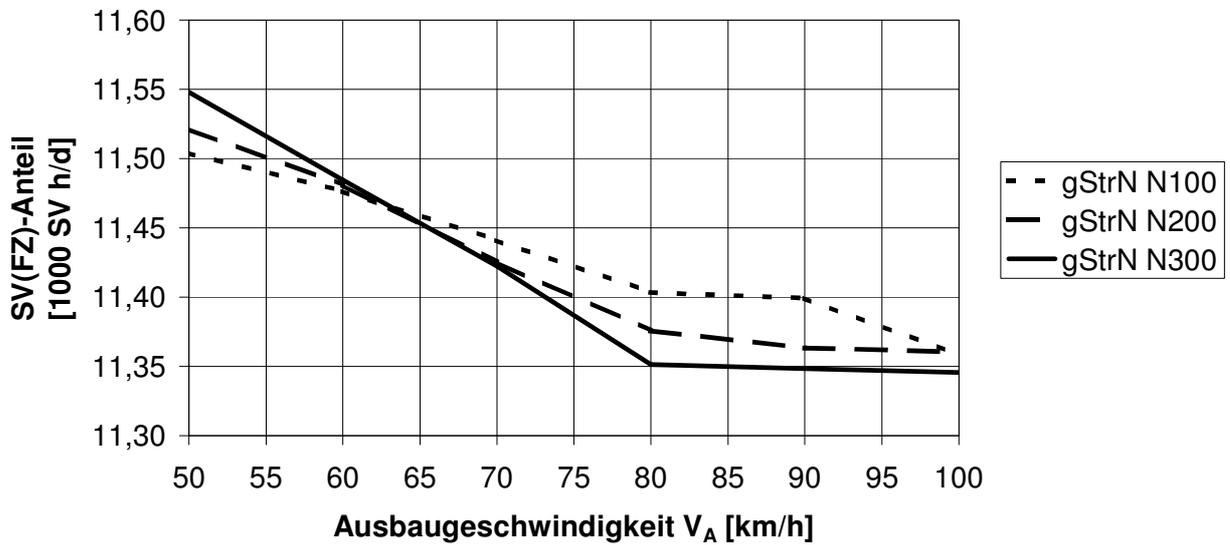
BAB SV Fahrzeiten je Tag



**gesamtes Netz
 SV Fahrleistungen je Tag**



**gesamtes Netz
 SV Fahrzeiten je Tag**



16 Betriebskosten

16.1 Fahrleistungsbezogene Betriebskosten

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	0,61	0,58	0,56	0,54	0,53	0,52
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	29,46	26,86	25,61	25,29	25,70	26,72
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	10,06	9,94	9,89	9,87	9,89	9,94

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung bergauf	s	[%]	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	0,73	0,70	0,69	0,67	0,66	0,66
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	34,96	32,41	31,33	31,27	32,02	33,46
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	10,32	10,20	10,15	10,15	10,18	10,25

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	48,15	46,08	45,71	46,55	48,36	50,96
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	10,93	10,83	10,82	10,86	10,94	11,06

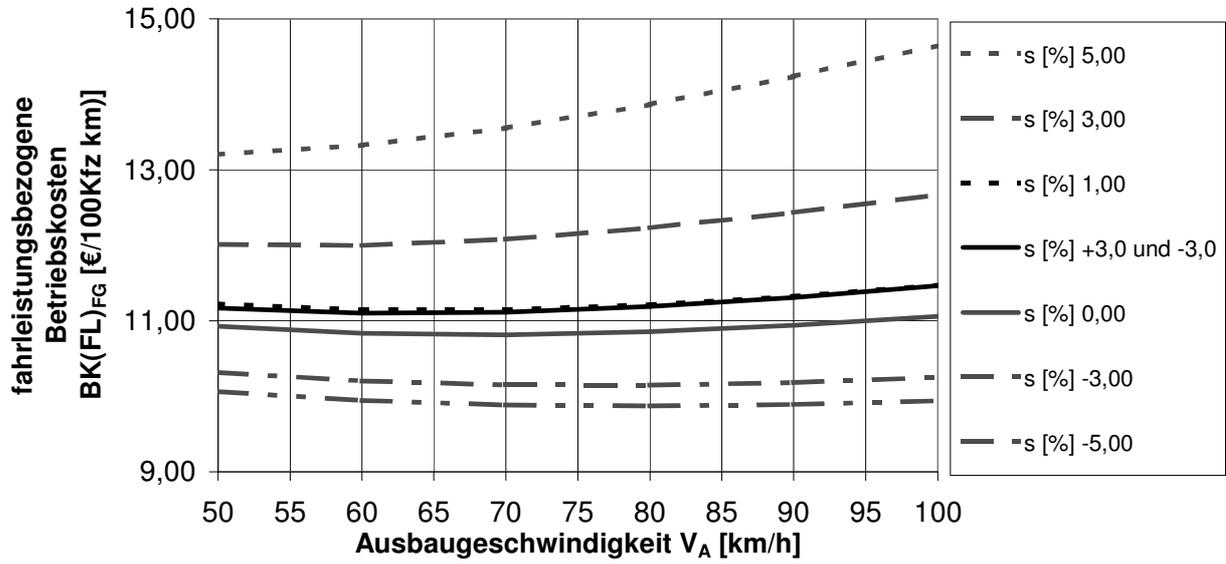
Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	1,49	1,55	1,60	1,64	1,67	1,68
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	71,60	71,26	72,98	76,21	80,58	85,83
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/100Kfz km]	12,02	12,00	12,08	12,23	12,43	12,67

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	2,02	2,17	2,29	2,40	2,47	2,52
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	97,33	99,84	104,82	111,58	119,62	128,48
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/100Kfz km]	13,21	13,32	13,55	13,87	14,24	14,65

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	54,50	52,79	52,89	54,29	56,71	59,96
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK Netz	[€/100Kfz km]	11,22	11,14	11,15	11,21	11,33	11,48
	Längsneigung bergauf	s	[%]	+3,0 und -3,0					
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/100Kfz km]	11,17	11,10	11,11	11,19	11,31	11,46	

fahrleistungsbezogene Betriebskosten Fahrzeuguntergruppe PO



16.2 Jährliche Betriebskosten

jährliche Betriebskosten [€]	jährl. BK ₁ /StN	[€/100Ktzm]	Innerortnetz										Fahrzeuguntergruppe LS									
			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)		Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)			
			50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00		
Auslastungsschwindigkeit	V _a	[km/h]	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46		
V ₁ /N100	[km/h]		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46		
V ₁ /N200	[km/h]		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46		
V ₁ /N300	[km/h]		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46		
Fl ₁ /N100	[10 ³ Ktzm/jd]		665	660	657	655	648	643	663	660	657	655	646	643	663	660	657	655	646	643		
Fl ₁ /N200	[10 ³ Ktzm/jd]		662	658	655	652	643	638	662	658	655	652	643	639	662	658	655	652	643	639		
Fl ₁ /N300	[10 ³ Ktzm/jd]		662	658	654	643	638	636	662	658	654	643	639	636	662	658	654	643	639	636		
Emissionsfaktoren	EF ₁ /N100	[g/Ktzm]	54,53	54,52	54,52	54,55	54,54	54,54	48,08	48,07	48,07	48,07	48,09	48,08	159,30	159,29	159,28	159,34	159,32	159,30		
EF ₁ /N200	[g/Ktzm]		54,53	54,53	54,53	54,55	54,55	54,55	48,08	48,08	48,08	48,07	48,09	48,09	159,30	159,33	159,34	159,40	159,38	159,36		
EF ₁ /N300	[g/Ktzm]		54,54	54,53	54,53	54,55	54,54	54,54	48,08	48,08	48,08	48,09	48,09	48,09	159,30	159,32	159,39	159,49	159,46	159,44		
Laufleistung	s	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Korrekturfaktor für	SF ₁ /N100	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Korrekturfaktor für	SF ₁ /N200	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Laufleistung	SF ₁ /N300	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Korrekturfaktor für	M ₁ /N100	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91		
Laufleistung	M ₁ /N200	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91		
Messungsfaktor für	M ₁ /N300	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91		
Bezug auf das Jahr 2000	K ₁ /N100	[g/Ktzm]	49,62	49,62	49,61	49,62	49,64	49,63	43,75	43,75	43,75	43,75	43,76	43,76	144,96	144,96	144,95	145,00	145,03	144,97		
Kraftstoffverbrauchsrate	K ₁ /N200	[g/Ktzm]	49,62	49,62	49,62	49,62	49,64	49,64	43,75	43,75	43,75	43,75	43,76	43,76	144,96	144,96	144,95	145,00	145,03	144,97		
Kraftstoffverbrauchsrate	K ₁ /N300	[g/Ktzm]	49,63	49,62	49,62	49,64	49,63	49,64	43,76	43,75	43,75	43,75	43,76	43,76	144,96	144,98	144,98	145,05	145,11	145,09		
Betriebskosten-Grundwert	B ₁ /N100	[€/100Ktzm]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75		
Kraftstoffkostensatz	BK ₁ (BD)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404		
Fahrleistungsbezogene	BK ₁ (FL)/N100	[€/100Ktzm]	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61		
Fahrleistungsbezogene	BK ₁ (FL)/N200	[€/100Ktzm]	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61		
Fahrleistungsbezogene	BK ₁ (FL)/N300	[€/100Ktzm]	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	10,47	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61	22,61		
Betriebskosten N100	BK ₁ _{N100}	[€]	26.624.558	26.496.195	26.377.413	26.279.688	25.942.407	25.815.593	25.341.654	25.221.427	25.106.521	25.013.445	24.681.746	24.571.213	7.960.742	7.932.501	7.819.700	7.579.511	7.587.143	7.601.847		
Betriebskosten N200	BK ₁ _{N200}	[€]	26.573.053	26.424.559	26.294.383	26.176.904	25.812.948	25.668.608	25.292.513	25.151.175	25.027.237	24.915.569	24.588.433	24.431.124	7.944.774	7.871.143	7.721.574	7.437.175	7.435.369	7.439.209		
Betriebskosten N300	BK ₁ _{N300}	[€]	26.583.933	26.406.806	26.238.673	25.820.313	25.660.034	25.540.490	25.312.130	25.134.218	24.974.474	24.575.469	24.423.080	24.309.064	7.950.516	7.870.776	7.657.704	7.327.839	7.327.129	7.329.105		
			Innerortnetz										Innerortnetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen									
													59.926.654 59.652.123 59.303.635 58.872.644 58.231.295 57.988.663 59.810.340 59.446.877 59.043.193 58.529.648 57.816.750 57.537.941 59.665.579 59.411.800 59.871.052 57.723.622 57.410.243 57.178.659									

Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

jährliche EK _{Str}	[€]	Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)										Fahrzeuguntergruppe LS																																																	
		50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00																																										
Umsatz	[€]	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00																																										
Verkehrsmittel	[km/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100																																										
n _{Str,N100}	[km/h]	50	60	69	79	90	99	50	60	69	79	90	99	50	60	70	80	80	80																																										
n _{Str,N200}	[km/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	80	80																																										
n _{Str,N300}	[km/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	80	80																																										
F _{Str,N100}	[10 ³ ktz km/d]	36	62	79	92	136	153	36	62	79	92	136	153	4	9	16	26	25	25																																										
F _{Str,N200}	[10 ³ ktz km/d]	64	82	100	115	157	174	64	82	100	115	157	174	7	11	17	28	28	28																																										
F _{Str,N300}	[10 ³ ktz km/d]	77	88	107	127	140	159	77	88	107	127	140	159	9	12	18	26	26	26																																										
Emissionsfaktoren	[g/(ktz km)]	52,92	50,65	50,22	51,15	53,13	55,98	46,90	45,38	45,34	46,40	48,32	50,96	150,45	153,53	163,43	178,90	178,99	178,99																																										
Emissionsfaktoren	[g/(ktz km)]	52,94	50,68	50,21	51,07	53,03	55,77	46,92	45,40	45,32	46,31	48,22	50,77	150,47	153,50	163,40	178,86	178,99	178,99																																										
Emissionsfaktoren	[g/(ktz km)]	52,96	50,66	50,22	51,14	53,14	55,95	46,94	45,38	45,33	46,33	48,33	50,94	150,47	153,50	163,34	178,86	178,99	178,99																																										
Längeneigung	[%]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																																										
Korrekturfaktor f _{nr}	[-]	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Korrekturfaktor f _r	[-]	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Korrekturfaktor f _{nr}	[-]	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Korrekturfaktor f _r	[-]	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,13	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Mineralfaktor f _{nr}	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91																																										
Berücksichtigung des Jahres	[-]	54,50	52,80	52,88	54,28	56,70	59,93	46,31	47,31	47,73	49,24	51,56	54,56	157,51	160,74	171,10	187,30	187,39	187,39																																										
Kraftstoffverbrauchfaktor	[g/(ktz km)]	54,51	52,82	52,85	54,17	56,57	59,70	46,32	47,31	47,69	49,13	51,45	54,35	157,52	160,65	170,76	187,18	187,39	187,39																																										
Kraftstoffverbrauchfaktor	[g/(ktz km)]	54,53	52,80	52,87	54,27	56,71	59,90	46,33	47,31	47,72	49,22	51,57	54,53	157,53	160,70	171,00	187,25	187,39	187,39																																										
Betriebskosten-Grundwert	[€/(100ktz km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75																																										
Kraftstoffkostensatz	[€/(100ktz km)]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404																																										
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten	[€/(100ktz km)]	11,22	11,14	11,15	11,21	11,33	11,47	10,65	10,61	10,63	10,69	10,78	10,90	23,11	23,24	23,66	24,32	24,32	24,32																																										
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten	[€/(100ktz km)]	11,22	11,15	11,15	11,21	11,32	11,46	10,65	10,61	10,63	10,68	10,78	10,90	23,11	23,24	23,65	24,31	24,32	24,32																																										
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten	[€/(100ktz km)]	11,22	11,14	11,15	11,21	11,33	11,47	10,65	10,61	10,63	10,69	10,78	10,90	23,11	23,24	23,66	24,31	24,32	24,32																																										
Betriebskosten N100	[€]	1.474,935	2.521,475	3.222,288	3.783,959	5.697,249	6.396,717	1.399,810	2.400,794	3.072,038	3.607,116	5.424,608	6.078,600	389,194	721,170	1.379,932	2.300,213	2.254,678	2.242,065																																										
Betriebskosten N200	[€]	2.611,182	3.232,787	4.068,860	4.891,327	6.497,536	7.289,949	2.478,122	3.164,548	3.888,118	4.472,248	6.187,037	6.926,451	575,818	907,563	1.481,327	2.467,074	2.456,609	2.445,588																																										
Betriebskosten N300	[€]	3.138,809	3.566,513	4.356,198	5.202,330	5.791,243	6.666,592	2.978,767	3.414,810	4.153,061	4.995,221	5.514,082	6.335,179	757,482	1.052,114	1.590,990	2.346,940	2.325,410	2.313,194																																										
nachgeordnetes Straßennetz		Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																																																											
		EBK _{Str,N100}										EBK _{Str,N200}										EBK _{Str,N300}																																							
		3.243.939										5.643.439										7.674.257										9.691.287										13.376.535										14.717.382									
		5.665.122										7.395.899										9.469.305										11.630.649										15.141.182										16.663.958									
		6.675.058										8.053.436										10.100.249										12.510.492										13.630.735										15.314.965									

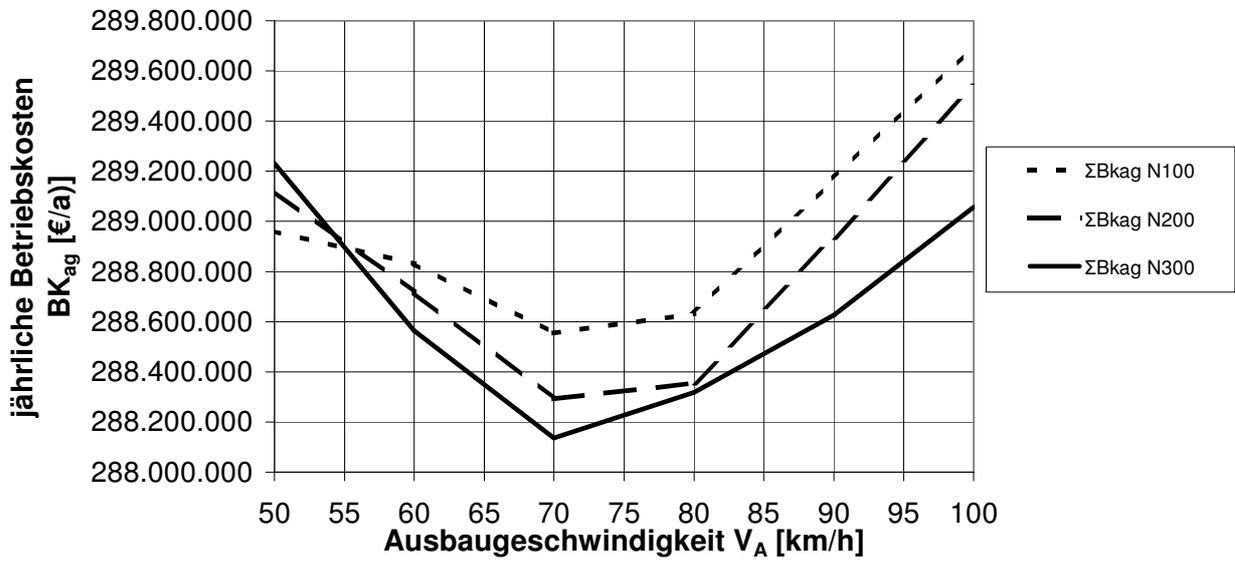
Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
 - Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

Übergeordnetes Straßennetz	jährliche BK _U US/N	[€]	Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)										Fahrzeuguntergruppe LS																																																	
			50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00																																										
Ausgangsschwindigkeit	V _A	[km/h]	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00																																										
US/N N100	V _A N100	[km/h]	76	77	77	77	77	77	76	77	77	77	77	77	79	79	79	78	78	80																																										
US/N N200	V _A N200	[km/h]	77	78	78	79	80	80	78	78	78	79	80	80	79	80	80	80	80	80																																										
US/N N300	V _A N300	[km/h]	76	78	79	80	81	83	76	78	79	80	81	83	79	80	80	80	80	80																																										
US/N N100	F _U N100	[10 ³ Ktz km/jd]	724	702	688	680	652	646	724	702	688	680	652	646	152	149	145	139	139	139																																										
US/N N200	F _U N200	[10 ³ Ktz km/jd]	696	682	667	660	639	637	696	682	667	660	639	637	149	147	145	139	139	139																																										
US/N N300	F _U N300	[10 ³ Ktz km/jd]	683	675	659	655	654	651	683	675	659	655	654	651	147	146	142	142	142	142																																										
Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Ktz km)]	50,63	50,72	50,73	50,73	50,72	50,72	46,95	45,94	45,95	45,96	45,95	45,95	176,89	177,85	177,45	176,17	176,28	179,39																																										
Emissionsfaktoren	EF N200	[g/(Ktz km)]	50,72	50,83	51,00	51,08	51,20	51,20	46,94	46,07	46,16	46,24	46,33	46,44	176,28	178,26	178,55	178,37	178,99	178,99																																										
Emissionsfaktoren	EF N300	[g/(Ktz km)]	50,88	50,85	51,01	51,17	51,38	51,52	46,91	46,08	46,25	46,41	46,63	46,87	177,28	178,27	178,95	179,07	178,99	178,99																																										
Längeneigung	s	[%]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00																																										
Korrekturfaktor für Längeneigung	SF _A N100	[-]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Korrekturfaktor für Längeneigung	SF _A N200	[-]	1,16	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Korrekturfaktor für Längeneigung	SF _A N300	[-]	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,17	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15																																										
Bezug auf das Jahr 2000	Kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91																																										
Kraftstoffverbrauchs	K _U N100	[g/(Ktz km)]	53,69	53,69	53,71	53,71	53,70	53,70	46,51	46,64	46,65	46,66	46,65	46,65	185,19	186,20	185,78	184,43	184,55	187,81																																										
Kraftstoffverbrauchs	K _U N200	[g/(Ktz km)]	53,69	53,85	53,97	54,08	54,19	54,34	46,64	46,81	46,93	49,03	49,15	49,30	185,92	186,92	186,52	186,74	187,39	187,39																																										
Kraftstoffverbrauchs	K _U N300	[g/(Ktz km)]	53,65	53,87	54,09	54,30	54,57	54,88	46,59	46,82	49,05	49,25	49,53	49,83	185,60	186,64	187,34	187,47	187,39	187,39																																										
Beheblichkeits-Grundwert	BGW	[€/(100Ktz km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75																																										
Kraftstoffpreissatz	BK (B/D)	[€/g]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404																																										
Fahrleistungsbezogene Beheblichkeitskosten	BK (FL) N100	[€/(100Ktz km)]	11,18	11,19	11,19	11,19	11,19	11,19	10,66	10,66	10,67	10,67	10,67	10,67	24,23	24,27	24,26	24,20	24,21	24,34																																										
Fahrleistungsbezogene Beheblichkeitskosten	BK (FL) N200	[€/(100Ktz km)]	11,19	11,19	11,20	11,20	11,21	11,22	10,66	10,67	10,68	10,68	10,69	10,69	24,26	24,29	24,30	24,29	24,32	24,32																																										
Fahrleistungsbezogene Beheblichkeitskosten	BK (FL) N300	[€/(100Ktz km)]	11,18	11,19	11,20	11,21	11,23	11,24	10,66	10,67	10,68	10,69	10,70	10,71	24,25	24,29	24,32	24,32	24,32	24,32																																										
Beheblichkeitskosten N100	BK _U N100	[€]	29.556.990	28.672.807	28.093.112	27.770.828	26.630.066	26.391.035	28.607.10	27.337.450	26.784.664	26.477.369	25.369.802	25.161.893	13.440.740	13.187.623	12.920.061	12.286.601	12.306.420	12.369.289																																										
Beheblichkeitskosten N200	BK _U N200	[€]	26.416.303	27.676.635	27.258.604	27.002.702	26.138.356	26.063.820	27.092.691	26.579.256	25.987.273	25.742.469	24.917.534	24.845.190	13.190.255	13.044.749	12.833.480	12.328.622	12.342.927	12.355.217																																										
Beheblichkeitskosten N300	BK _U N300	[€]	27.894.831	27.591.201	26.998.156	26.798.983	26.790.235	26.704.556	26.895.951	26.305.094	25.689.907	25.546.358	25.535.346	25.450.333	13.004.629	12.906.036	12.804.432	12.622.932	12.627.891	12.625.023																																										
			übergeordnetes Straßennetz, Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																																																											
			EBK _U N100										EBK _U N200										EBK _U N300																																							
			71.178.040										68.207.880										67.697.837										66.536.797										64.326.268										63.922.216									
			68.699.449										67.500.640										66.079.357										65.073.814										63.389.718										63.264.226									
			67.495.611										66.802.332										65.262.495										64.968.273										64.963.262										64.779.912									

Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
 - Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

jährliche Bilanz	Ausbaugeschwindigkeit V ₄₊₄	[km/h]	Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)										Fahrzeuguntergruppe LS									
			50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00		
BAB N100	V ₄₊₄ N100	[km/h]	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	80	80	80	80	80	80	
BAB N100	V ₄₊₄ N200	[km/h]	103	103	103	103	104	104	104	104	104	104	104	104	104	80	80	80	80	80	80	
BAB N100	V ₄₊₄ N300	[km/h]	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	80	80	80	80	80	80	
BAB N100	F ₁₊₄ N100	[10 ³ KtZ km/jd]	1.237	1.235	1.234	1.232	1.228	1.226	1.226	1.237	1.237	1.234	1.232	1.228	1.226	598	596	593	591	591	591	
BAB N100	F ₁₊₄ N200	[10 ³ KtZ km/jd]	1.238	1.235	1.232	1.228	1.219	1.213	1.238	1.238	1.237	1.235	1.232	1.228	1.219	600	597	593	591	591	591	
BAB N100	F ₁₊₄ N300	[10 ³ KtZ km/jd]	1.240	1.235	1.232	1.228	1.221	1.211	1.240	1.239	1.238	1.235	1.232	1.228	1.221	600	597	595	590	590	590	
Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(KtZ km)]	57,13	57,13	57,15	57,15	57,17	57,18	52,01	52,03	52,03	52,03	52,03	52,05	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99		
Emissionsfaktoren	EF N200	[g/(KtZ km)]	57,11	57,13	57,15	57,17	57,22	51,99	52,01	52,03	52,03	52,03	52,05	52,09	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99		
Emissionsfaktoren	EF N300	[g/(KtZ km)]	57,11	57,13	57,14	57,16	57,18	57,21	52,00	52,02	52,02	52,02	52,04	52,06	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99		
Längsneigung bergauf	s	[%]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50		
Korrekturfaktor für	SF ₄₊₄ N100	[-]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15		
Korrekturfaktor für	SF ₄₊₄ N200	[-]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15		
Korrekturfaktor für	SF ₄₊₄ N300	[-]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15		
Wendungsneigung für	K	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91		
Bezugswert des Jahr 2000	K ₁₊₄ N100	[KtZ km]	61,20	61,21	61,22	61,23	61,25	61,26	61,26	61,26	61,26	61,26	61,26	61,26	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39		
Kraftstoffverbrauchsfaktor	K ₁₊₄ N200	[g/(KtZ km)]	61,18	61,20	61,23	61,25	61,28	61,28	61,28	61,28	61,28	61,28	61,28	61,28	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39		
Kraftstoffverbrauchsfaktor	K ₁₊₄ N300	[g/(KtZ km)]	61,19	61,21	61,22	61,24	61,26	61,30	61,30	61,30	61,30	61,30	61,30	61,30	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39	187,39		
Betriebskosten-Grenzwert	BGW	[€/(100KtZ km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75		
Kraftstoffpreissatz	BK (B/D)	[€/g]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404		
Fahrleistungsbezogene	BK (FL) N100	[€/(100KtZ km)]	11,53	11,53	11,53	11,53	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32		
Fahrleistungsbezogene	BK (FL) N200	[€/(100KtZ km)]	11,53	11,53	11,53	11,53	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32		
Fahrleistungsbezogene	BK (FL) N300	[€/(100KtZ km)]	11,53	11,53	11,53	11,53	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32	24,32		
Betriebskosten N100	BK ₄₊₄ N100	[€a]	52,066.491	52.002.820	51.939.514	51.850.603	51.698.354	51.611.317	49.438.543	49.375.843	49.315.268	49.230.555	49.085.552	49.002.568	53.108.845	52.948.496	52.824.232	52.450.345	52.453.713	52.459.733		
Betriebskosten N200	BK ₄₊₄ N200	[€a]	52.163.720	52.002.986	51.850.336	51.816.364	51.338.611	51.082.728	49.529.387	49.376.173	49.230.447	49.007.519	48.742.868	48.495.246	53.252.545	52.992.839	52.819.797	52.498.708	52.498.493	52.489.062		
Betriebskosten N300	BK ₄₊₄ N300	[€a]	52.183.847	51.976.823	51.849.864	51.684.160	51.431.630	50.982.323	49.548.209	49.351.107	49.230.391	49.072.284	48.831.878	48.413.578	53.272.496	52.967.319	52.820.937	52.359.279	52.368.845	52.377.297		
			Bundesautobahnen: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																			
			Gesamtes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																			
			ZBK ₄₊₄ N100 154.611.879 154.327.159 153.079.014 153.531.503 153.237.616 153.073.616 ZBK ₄₊₄ N200 154.945.652 154.372.988 153.700.580 153.122.591 152.579.971 152.071.036 ZBK ₄₊₄ N300 155.004.352 154.295.249 153.901.292 153.115.722 152.632.354 151.783.189																			
			ZBK ₄₊₄ N100 288.960.712 288.630.601 288.554.744 288.632.231 288.171.736 288.701.868 ZBK ₄₊₄ N200 289.120.564 288.718.414 288.291.435 288.356.702 288.336.622 288.537.162 ZBK ₄₊₄ N300 289.231.600 288.952.817 288.135.086 288.318.108 288.626.594 288.056.735																			

Jährliche Betriebskosten Gesamtnetz



Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
 - Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

Summe auf anderen Straßen (Gemeindestraßen)

Beschreibung Abkürzung Berechnung Einheit	Unfälle U		Kostensatz WUS		Kosten UKS		V		WUV		VK V*WV/10 ⁶		UKS+VK [Mio. €/a]		WUa (UKS+U)*10 ⁶									
	UP	U(SS)	UP	U(SS)	UP	U(SS)	GT	SV	LV	GT	SV	LV	UP	U(SS)	UP	U(SS)								
Unfalltyp																								
1 Fahr Unfall	4.494	1.230	5.724	14.500	13.000	65,16	15,99	157	2.115	3.805	6.077	1.250.000	85.000	3.750	196,25	179,78	14,27	390,29	455,46	15,89	471,45	101.348	13.000	82.363
2 Abbiege-Unfall	561	200	761	14.500	13.000	8,13	2,60	7	148	610	765	1.250.000	85.000	3.750	8,75	12,98	2,29	23,62	31,75	2,60	34,35	56.599	13.000	45.141
3 Kreuz-/Kreuz- Unfall	1.802	781	2.583	14.500	13.000	26,13	10,15	45	989	1.951	2.585	1.250.000	85.000	3.750	56,25	50,07	7,32	113,63	139,76	10,15	149,91	77.559	13.000	58.038
4 Überschreiten-Unfall Unfall durch ruhenden	193	2	195	14.500	13.000	2,80	0,03	7	70	149	226	1.250.000	85.000	3.750	8,75	5,95	0,56	15,26	18,05	0,03	18,08	93.561	13.000	92.735
5 Verkehr	98	23	121	14.500	13.000	1,42	0,30	1	18	88	107	1.250.000	85.000	3.750	1,25	1,53	0,33	3,11	4,53	0,30	4,83	46.235	13.000	39.917
6 Unfall im Längsverkehr	2.361	487	2.848	14.500	13.000	34,23	6,33	42	696	2.600	3.338	1.250.000	85.000	3.750	52,50	59,16	9,75	121,41	155,64	6,33	161,98	65.923	13.000	56.873
7 sonstiger Unfall	1.897	277	2.174	14.500	13.000	27,51	3,60	46	671	1.530	2.247	1.250.000	85.000	3.750	57,50	57,04	5,74	120,27	147,78	3,60	151,38	77.901	13.000	69.632
Insgesamt	11.406	3.000	14.406	14.500	13.000	165,39	39,00	395	4.307	10.733	15.345	1.250.000	85.000	3.750	381,25	365,10	40,25	787,89	952,36	39,00	991,36	83.551	13.000	68.859

Summe der Kreisstraßen und anderen Straßen

Beschreibung Abkürzung Berechnung Einheit	Unfälle U		Kostensatz WUS		Kosten UKS		V		WUV		VK V*WV/10 ⁶		UKS+VK [Mio. €/a]		WUa (UKS+U)*10 ⁶									
	UP	U(SS)	UP	U(SS)	UP	U(SS)	GT	SV	LV	GT	SV	LV	UP	U(SS)	UP	U(SS)								
Unfalltyp																								
1 Fahr Unfall	13.482	3.394	16.876	14.500	13.000	195,49	44,12	611	6.415	11.155	18.181	1.250.000	85.000	3.750	763,75	545,28	41,83	1.350,86	1.546,35	44,12	1.590,47	114.897	13.000	94.244
2 Abbiege-Unfall	2.253	711	2.964	14.500	13.000	32,67	9,24	41	704	2.950	3.295	1.250.000	85.000	3.750	51,25	59,84	9,56	120,65	153,32	9,24	162,56	88.952	13.000	54.846
3 Kreuz-/Kreuz- Unfall	4.958	2.103	7.061	14.500	13.000	71,89	27,34	154	1.777	5.637	7.568	1.250.000	85.000	3.750	192,50	151,05	21,14	364,68	436,57	27,34	463,91	88.955	13.000	65.701
4 Überschreiten-Unfall Unfall durch ruhenden	358	3	361	14.500	13.000	5,19	0,04	34	166	226	416	1.250.000	85.000	3.750	42,50	13,26	0,85	56,61	61,80	0,04	61,84	172.622	13.000	171.295
5 Verkehr	196	36	232	14.500	13.000	2,84	0,47	2	40	195	237	1.250.000	85.000	3.750	2,50	3,40	0,73	6,63	9,47	0,47	9,94	48.333	13.000	42.850
6 Unfall im Längsverkehr	5.635	1.226	6.861	14.500	13.000	81,71	15,94	143	1.633	6.360	8.326	1.250.000	85.000	3.750	178,75	155,81	23,81	369,37	440,08	15,94	456,01	78.097	13.000	66.465
7 sonstiger Unfall	3.860	630	4.490	14.500	13.000	55,97	6,19	89	1.329	3.235	4.663	1.250.000	85.000	3.750	123,75	112,97	12,13	248,65	304,82	6,19	313,01	78.988	13.000	69.712
Insgesamt	30.742	8.103	38.845	14.500	13.000	445,76	105,34	1.084	12.254	29.348	42.686	1.250.000	85.000	3.750	1.355,00	1.041,69	110,05	2.506,65	2.952,40	105,34	3.057,74	96.038	13.000	79.717

Summe der Kreisstraßen und anderen Straßen

16.5 Jährliche Unfallkosten

		Alle Fahrzeuggruppen								
		50	60	70	80	90	100			
Innerortsnetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100	
	Umlageergebnisse	iStrN N100	V_i N100	[km/h]	46	46	46	46	46	46
		iStrN N200	V_i N200	[km/h]	46	46	46	46	46	46
		iStrN N300	V_i N300	[km/h]	46	46	46	46	46	46
	Umlageergebnisse	iStrN N100	F_{li} N100	[10 ³ Kfz km)/d]	1.423	1.416	1.409	1.401	1.385	1.378
		iStrN N200	F_{li} N200	[10 ³ Kfz km)/d]	1.420	1.412	1.404	1.394	1.376	1.369
		iStrN N300	F_{li} N300	[10 ³ Kfz km)/d]	1.421	1.411	1.400	1.375	1.367	1.361
	Unfallkostenrate	UKR	[€/ (1000Kfz km)]	62,26	62,26	62,26	62,26	62,26	62,26	
	jährliche UK(P) _{ai} iStrN [€/a]	Unfallkosten N100	$UK(P)_{ai}$ N100	[€/a]	32.337.000	32.186.721	32.019.132	31.841.919	31.462.537	31.320.909
		Unfallkosten N200	$UK(P)_{ai}$ N200	[€/a]	32.274.217	32.085.718	31.896.958	31.685.986	31.270.858	31.108.557
		Unfallkosten N300	$UK(P)_{ai}$ N300	[€/a]	32.298.507	32.065.316	31.816.610	31.249.329	31.068.349	30.932.770

		Alle Fahrzeuggruppen								
		50	60	70	80	90	100			
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_n	[km/h]	50	60	70	80	90	100	
	Umlageergebnisse	nStrN N100	V_n N100	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		nStrN N200	V_n N200	[km/h]	50	60	69	79	90	99
		nStrN N300	V_n N300	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Umlageergebnisse	nStrN N100	F_{ln} N100	[10 ³ Kfz km)/d]	76	132	174	211	301	331
		nStrN N200	F_{ln} N200	[10 ³ Kfz km)/d]	134	174	218	257	342	376
		nStrN N300	F_{ln} N300	[10 ³ Kfz km)/d]	162	189	233	281	306	344
	Unfallkostenrate	UKR	[€/ (1000Kfz km)]	23,19	23,19	23,19	23,19	23,19	23,19	
	jährliche UK(P) _{an} nStrN [€/a]	Unfallkosten N100	$UK(P)_{an}$ N100	[€/a]	646.648	1.121.453	1.476.020	1.784.733	2.548.529	2.799.624
		Unfallkosten N200	$UK(P)_{an}$ N200	[€/a]	1.136.930	1.473.909	1.846.824	2.176.930	2.896.948	3.182.903
		Unfallkosten N300	$UK(P)_{an}$ N300	[€/a]	1.373.107	1.597.745	1.968.579	2.376.256	2.593.704	2.915.835

		Alle Fahrzeuggruppen								
		50	60	70	80	90	100			
übergeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	$V_{\bar{u}}$	[km/h]	50	60	70	80	90	100	
	Umlageergebnisse	üStrN N100	$V_{\bar{u}}$ N100	[km/h]	76	77	77	77	77	77
		üStrN N200	$V_{\bar{u}}$ N200	[km/h]	77	78	78	79	80	80
		üStrN N300	$V_{\bar{u}}$ N300	[km/h]	76	78	79	80	81	83
	Umlageergebnisse	üStrN N100	$F_{l\bar{u}}$ N100	[10 ³ Kfz km)/d]	1.600,5	1.553,5	1.520,9	1.499,4	1.443,7	1.432,0
		üStrN N200	$F_{l\bar{u}}$ N200	[10 ³ Kfz km)/d]	1.540,9	1.511,9	1.478,4	1.459,7	1.416,8	1.412,5
		üStrN N300	$F_{l\bar{u}}$ N300	[10 ³ Kfz km)/d]	1.513,6	1.496,1	1.460,4	1.451,6	1.449,8	1.443,9
	Unfallkostenrate	UKR	[€/ (1000Kfz km)]	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	
	jährliche UK(P) _{au} üStrN [€/a]	Unfallkosten N100	$UK(P)_{au}$ N100	[€/a]	20.446.900	19.846.064	19.429.012	19.154.345	18.443.555	18.293.273
		Unfallkosten N200	$UK(P)_{au}$ N200	[€/a]	19.685.246	19.313.998	18.886.526	18.647.109	18.099.394	18.044.793
		Unfallkosten N300	$UK(P)_{au}$ N300	[€/a]	19.336.648	19.112.916	18.656.224	18.544.708	18.521.320	18.446.220

Außerortsnetz: Summe aus nachgeordnetem und übergeordnetem Straßennetz

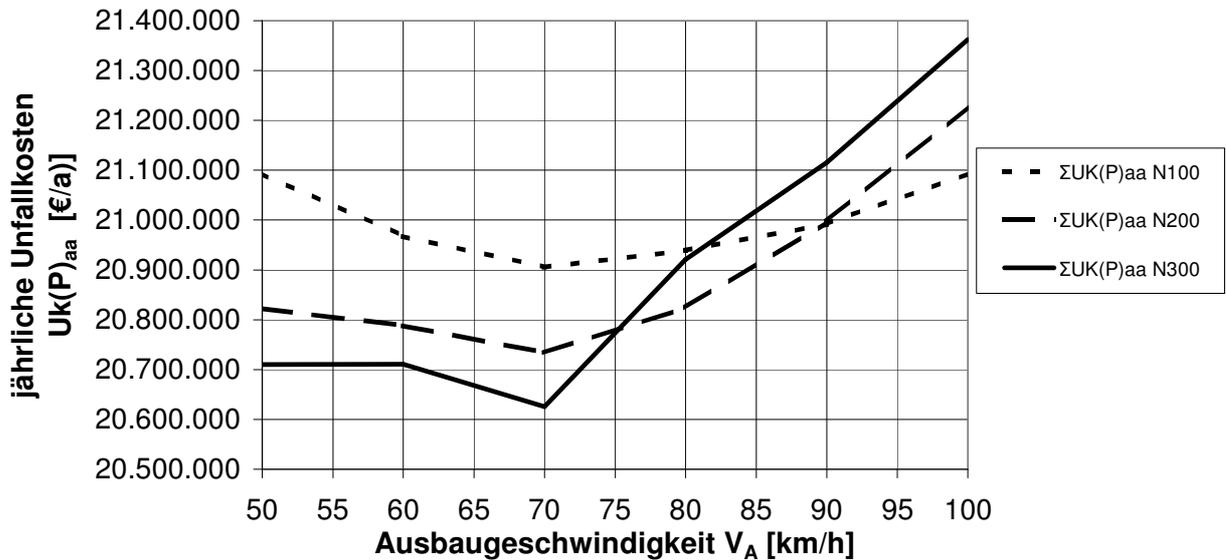
$\Sigma UK(P)_{aa}$ N100	21.093.547	20.967.516	20.905.032	20.939.078	20.992.084	21.092.897
$\Sigma UK(P)_{aa}$ N200	20.822.176	20.787.907	20.733.350	20.824.039	20.996.343	21.227.696
$\Sigma UK(P)_{aa}$ N300	20.709.754	20.710.661	20.624.803	20.920.964	21.115.024	21.362.055

BAB		Umlegungs-ergebnisse		Alle Fahrzeuggruppen						
				V_A	[km/h]	50	60	70	80	90
jährliche UK(P)aa BAB [€/a]	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]							
	BAB StrN N100	V_{BAB} N100	[km/h]	103	103	103	103	103	103	
	BAB StrN N200	V_{BAB} N200	[km/h]	103	103	103	103	104	104	
	BAB StrN N300	V_{BAB} N300	[km/h]	103	103	103	103	103	104	
	BAB StrN N100	$F_{I,BAB}$ N100	[10 ³ Kfz km/d]	3.072	3.067	3.060	3.054	3.047	3.042	
	BAB StrN N200	$F_{I,BAB}$ N200	[10 ³ Kfz km/d]	3.078	3.068	3.056	3.043	3.030	3.017	
	BAB StrN N300	$F_{I,BAB}$ N300	[10 ³ Kfz km/d]	3.079	3.066	3.058	3.045	3.033	3.012	
	Unfallkostenrate	UKR	[€/1000Kfz km]	15,78	15,78	15,78	15,78	15,78	15,78	
	Unfallkosten N100	$UK(P)_{a,BAB}$ N100	[€/a]	17.697.103	17.668.838	17.629.643	17.593.507	17.551.271	17.527.232	
Unfallkosten N200	$UK(P)_{a,BAB}$ N200	[€/a]	17.733.969	17.672.129	17.604.687	17.531.423	17.453.754	17.381.936		
Unfallkosten N300	$UK(P)_{a,BAB}$ N300	[€/a]	17.740.545	17.662.852	17.618.164	17.541.626	17.472.015	17.350.240		

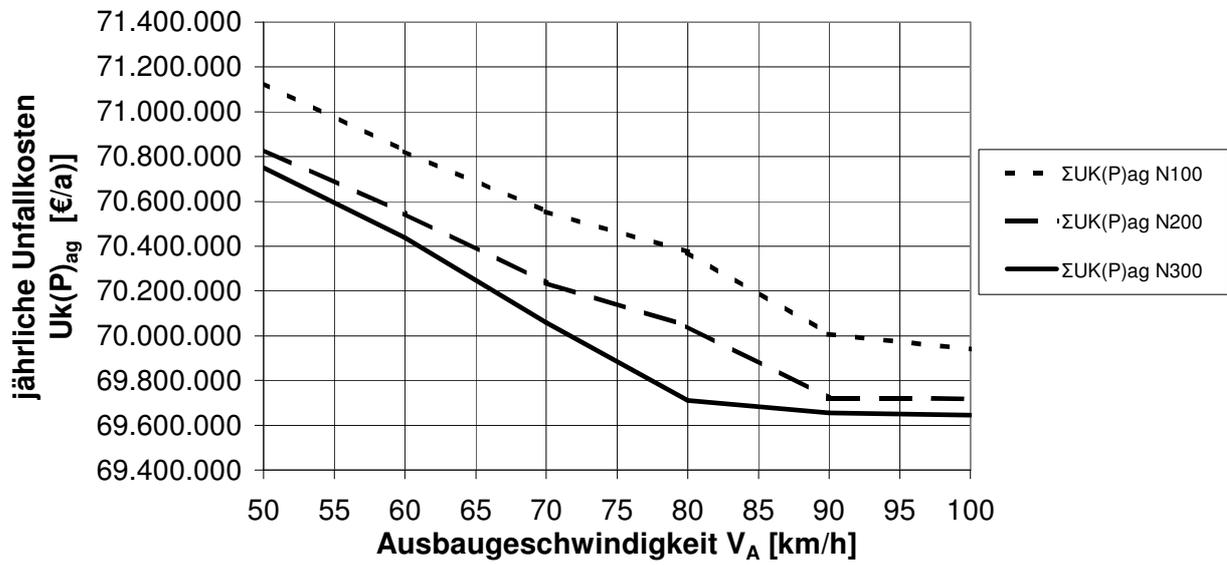
Gesamtnetz: Summe aller Straßennetzeile

$\Sigma UK(P)_{ag}$ N100	71.127.650	70.823.075	70.553.808	70.374.504	70.005.892	69.941.038
$\Sigma UK(P)_{ag}$ N200	70.830.362	70.545.754	70.234.996	70.041.448	69.720.954	69.718.190
$\Sigma UK(P)_{ag}$ N300	70.748.806	70.438.830	70.059.577	69.711.919	69.655.389	69.645.065

Jährliche Unfallkosten Außerortsnetz Ansatz nach EWS



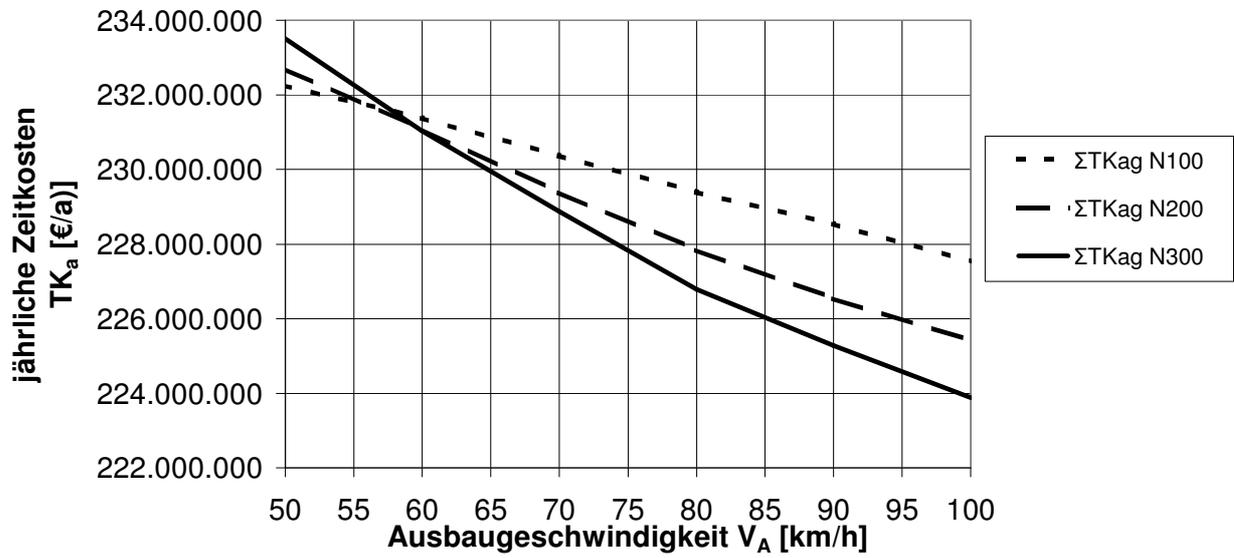
Jährliche Unfallkosten Gesamtnetz Ansatz nach EWS



16.6 Zeitkosten

Innenortnetz	Ausbaugeschwindigkeit V_a [km/h]	[km/h]	Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L										
			50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100				
			IShN N100	Vh N100	[km/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	48	48	48	
Innenortnetz	IShN N200	Vh N200	[km/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	48	48	48			
	IShN N300	Vh N300	[km/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	48	48	48			
	IShN N100	FZn N100	[10 ³ krz h/k]	28,9	28,8	28,6	28,5	28,2	28,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9			
	IShN N200	FZn N200	[10 ³ krz h/k]	28,8	28,7	28,5	28,4	28,0	27,8	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9			
	IShN N300	FZn N300	[10 ³ krz h/k]	28,9	28,7	28,5	28,0	27,8	27,7	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9			
	IShN N100	WVt _z	[h/(krz h)]	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00			
	Zellkosten N100	TK _z N100	[€h]	58.002.409	57.717.589	57.449.991	57.222.454	56.552.437	56.265.753	15.404.023	15.340.119	15.115.097	14.706.757	14.716.707	14.715.042			
	Zellkosten N200	TK _z N200	[€h]	57.891.333	57.559.800	57.272.798	56.985.675	56.259.902	55.944.755	15.374.508	15.259.362	14.984.651	14.484.086	14.461.613	14.450.041			
	Zellkosten N300	TK _z N300	[€h]	57.958.462	57.527.591	57.132.295	56.747.291	55.890.566	55.655.347	15.384.353	15.253.533	14.967.722	14.342.929	14.322.153	14.307.108			
	Innenortnetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																	
ZTK _z N100													73.406.431	73.057.707	72.565.088	71.920.210	71.269.224	70.981.395
ZTK _z N200													73.265.841	72.819.181	72.257.450	71.469.761	70.721.515	70.394.796
ZTK _z N300													73.342.816	72.781.124	72.040.017	70.580.120	70.212.719	69.962.455
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit V_a [km/h]	[km/h]	Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L										
			50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100				
			nShN N100	Vh N100	[km/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	80	80	

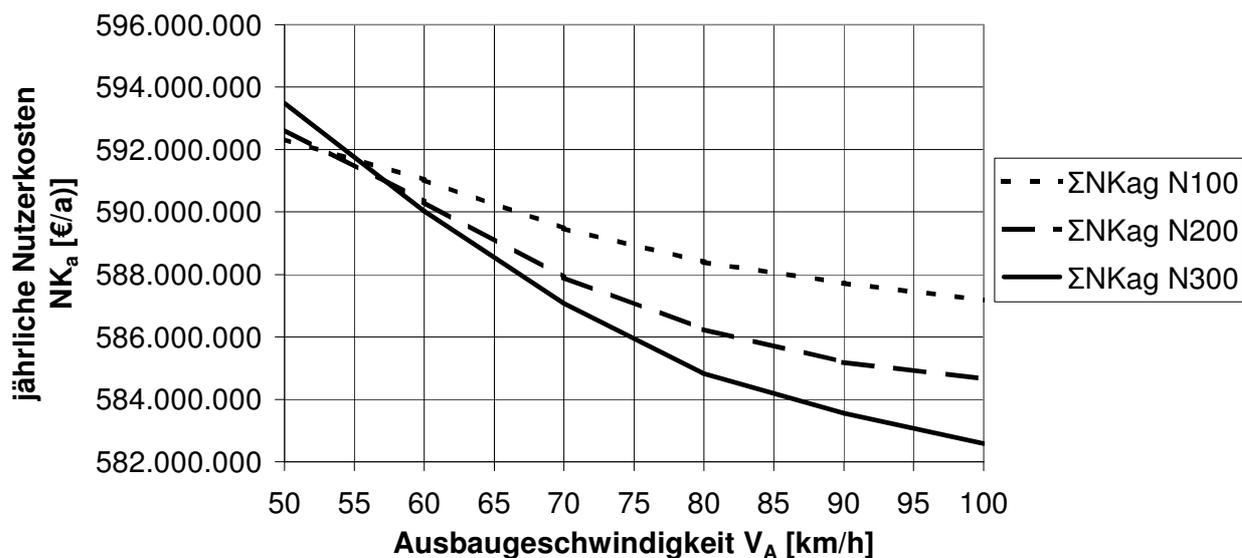
Jährliche Zeitkosten Gesamtnetz 100% Kfz- und 100% SV-Anteil



16.7 Summe Nutzerkosten

Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	ΣB_{kag} N100	[€/a]	288.960.712	288.830.601	288.554.744	288.632.231	289.171.736	289.701.868
Betriebskosten N200	ΣB_{kag} N200	[€/a]	289.120.564	288.718.414	288.291.435	288.356.702	288.936.622	289.537.162
Betriebskosten N300	ΣB_{kag} N300	[€/a]	289.231.600	288.562.817	288.135.088	288.318.108	288.626.594	289.056.735
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N100	[€/a]	71.127.650	70.823.075	70.553.808	70.374.504	70.005.892	69.941.038
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N200	[€/a]	70.830.362	70.545.754	70.234.996	70.041.448	69.720.954	69.718.190
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N300	[€/a]	70.748.806	70.438.830	70.059.577	69.711.919	69.655.389	69.645.065
Zeitkosten N100	ΣTK_{ag} N100	[€/a]	232.245.705	231.379.322	230.365.815	229.389.879	228.539.801	227.537.274
Zeitkosten N200	ΣTK_{ag} N200	[€/a]	232.699.965	231.067.784	229.381.603	227.841.291	226.530.833	225.409.887
Zeitkosten N300	ΣTK_{ag} N300	[€/a]	233.507.775	231.028.592	228.874.436	226.787.280	225.272.985	223.879.192
Nutzerkosten N100	ΣNK_{ag} N100	[€/a]	592.334.068	591.032.997	589.474.367	588.396.615	587.717.429	587.180.180
Nutzerkosten N200	ΣNK_{ag} N200	[€/a]	592.650.890	590.331.952	587.908.034	586.239.442	585.188.409	584.665.238
Nutzerkosten N300	ΣNK_{ag} N300	[€/a]	593.488.181	590.030.239	587.069.101	584.817.308	583.554.968	582.580.992

**Jährliche Nutzerkosten Gesamtnetz
mit $UK(P)_a$ nach EWS**



17

Nutzerkosten nach [TAYLOR 2002]

17.1 Unfallkosten

übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)										UKü N100		
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	AF U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{un} N100 [U/a]	W _{ua} (P) [€U]	UK (P) [€a]	
50	128.100	81.159	75,8298	47,39	-0,5681	0,0507	0,6153	292,474	179,964	111,111	19.996,062	
55	128.100	81.159	76,2288	47,64	-0,3187	0,0507	0,6233	292,474	182,306	111,111	20.256,266	
60	128.100	81.159	76,6277	47,89	-0,0694	0,0507	0,6313	292,474	184,648	111,111	20.516,470	
65	128.100	81.159	76,6771	47,92	-0,0386	0,0507	0,6323	292,474	184,938	111,111	20.548,652	
70	128.100	81.159	76,7264	47,95	-0,0077	0,0507	0,6333	292,474	185,227	111,111	20.580,834	
75	128.100	81.159	76,7388	47,96	0,0000	0,0507	0,6336	292,474	185,300	111,111	20.588,901	
80	128.100	81.159	76,7511	47,97	0,0077	0,0507	0,6338	292,474	185,372	111,111	20.596,968	
85	128.100	81.159	76,7149	47,95	-0,0149	0,0507	0,6331	292,474	185,159	111,111	20.573,317	
90	128.100	81.159	76,6786	47,92	-0,0376	0,0507	0,6324	292,474	184,947	111,111	20.549,665	
95	128.100	81.159	76,6845	47,93	-0,0339	0,0507	0,6325	292,474	184,981	111,111	20.553,491	
100	128.100	81.159	76,6903	47,93	-0,0303	0,0507	0,6326	292,474	185,015	111,111	20.557,317	

nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)										Ukn N100		
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	AF U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{un} N100 [U/a]	W _{ua} (P) [€U]	UK (P) [€a]	
50	252.158	30.742	49,9962	31,25	-3,0955	0,0778	0,0926	230,179	21,304	96,038	2.042,106	
55	252.158	30.742	54,9511	34,34	0,0000	0,0708	0,1219	230,179	28,052	96,038	2.696,057	
60	252.158	30.742	59,9039	37,44	3,0955	0,0708	0,1486	230,179	34,211	96,038	3.285,574	
65	252.158	30.742	64,8672	40,54	6,1976	0,0708	0,1754	230,179	40,373	96,038	3.877,332	
70	252.158	30.742	69,8305	43,64	9,2996	0,0708	0,2022	230,179	46,535	96,038	4.469,091	
75	252.158	30.742	74,8907	46,81	12,4622	0,0708	0,2295	230,179	52,817	96,038	5.072,406	
80	252.158	30.742	79,9509	49,97	15,6249	0,0708	0,2568	230,179	59,099	96,038	5.675,721	
85	252.158	30.742	84,9620	53,10	18,7568	0,0708	0,2838	230,179	65,320	96,038	6.273,179	
90	252.158	30.742	89,9730	56,23	21,8887	0,0708	0,3108	230,179	71,541	96,038	6.870,637	
95	252.158	30.742	94,9516	59,34	25,0003	0,0708	0,3377	230,179	77,721	96,038	7.464,220	
100	252.158	30.742	99,9302	62,46	28,1119	0,0708	0,3645	230,179	83,902	96,038	8.057,802	

übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)											UKü N200		
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{an} N200 [U/a]	W _{ua} (P) [€/U]	UK (P) [€/a]		
50	128.100	81.159	76,63	-1,2242	0,0495	76.241	0,5952	234,466	139.547	111,111	15.505.290		
55	128.100	81.159	77,12	-0,9165	0,0495	77.478	0,6048	234,466	141.810	111,111	15.756.709		
60	128.100	81.159	77,61	-0,6087	0,0495	78.714	0,6145	234,466	144.073	111,111	16.008.128		
65	128.100	81.159	77,96	-0,3960	0,0495	79.572	0,6212	234,466	145.644	111,111	16.182.725		
70	128.100	81.159	78,30	-0,1813	0,0495	80.431	0,6279	234,466	147.216	111,111	16.357.322		
75	128.100	81.159	78,59	0,0000	0,0495	81.159	0,6336	234,466	148.548	111,111	16.505.389		
80	128.100	81.159	78,88	0,1813	0,0495	81.887	0,6392	234,466	149.881	111,111	16.653.456		
85	128.100	81.159	79,19	0,3756	0,0495	82.688	0,6453	234,466	151.310	111,111	16.812.254		
90	128.100	81.159	79,50	0,5700	0,0495	83.449	0,6514	234,466	152.739	111,111	16.971.052		
95	128.100	81.159	79,88	0,8067	0,0495	84.399	0,6589	234,466	154.479	111,111	17.164.355		
100	128.100	81.159	80,26	1,0433	0,0495	85.350	0,6663	234,466	156.219	111,111	17.357.659		

nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)											UKn N200		
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{an} N200 [U/a]	W _{ua} (P) [€/U]	UK (P) [€/a]		
50	252.158	30.742	49,94	-3,0415	0,0779	23.460	0,0930	288,188	26.812	96,038	2.574.991		
55	252.158	30.742	54,81	0,0000	0,0710	30.742	0,1219	288,188	35.135	96,038	3.374.257		
60	252.158	30.742	59,68	3,0415	0,0710	37.377	0,1482	288,188	42.718	96,038	4.102.559		
65	252.158	30.742	64,56	6,0928	0,0710	44.034	0,1746	288,188	50.326	96,038	4.833.213		
70	252.158	30.742	69,44	9,1442	0,0710	50.691	0,2010	288,188	57.934	96,038	5.563.867		
75	252.158	30.742	74,41	12,2500	0,0710	57.467	0,2279	288,188	65.678	96,038	6.307.575		
80	252.158	30.742	79,38	15,3658	0,0710	64.242	0,2548	288,188	73.422	96,038	7.051.283		
85	252.158	30.742	84,45	18,5273	0,0710	71.161	0,2822	288,188	81.329	96,038	7.810.702		
90	252.158	30.742	89,53	21,6987	0,0710	78.080	0,3096	288,188	89.237	96,038	8.570.121		
95	252.158	30.742	94,40	24,7455	0,0710	84.727	0,3360	288,188	96.883	96,038	9.299.673		
100	252.158	30.742	99,28	27,7922	0,0710	91.374	0,3624	288,188	104.430	96,038	10.029.226		

übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)											UKü N300			
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{am} N300 [U/a]	W _{ua} (P) [€/U]	UK (P) [€/a]			
50	128.100	81.159	76,33	47,71	-1,9809	0,0489	0,5722	188,319	107,748	111,111	11.972.066			
55	128.100	81.159	77,03	48,14	-1,5473	0,0489	0,5866	188,319	110,279	111,111	12.253.276			
60	128.100	81.159	77,72	48,58	-1,1137	0,0489	0,5990	188,319	112,810	111,111	12.534.487			
65	128.100	81.159	78,34	48,96	-0,7280	0,0489	0,6110	188,319	115,062	111,111	12.784.645			
70	128.100	81.159	78,95	49,35	-0,3423	0,0489	0,6229	188,319	117,313	111,111	13.034.803			
75	128.100	81.159	79,50	49,69	0,0000	0,0489	0,6336	188,319	119,311	111,111	13.256.841			
80	128.100	81.159	80,05	50,03	0,3423	0,0489	0,6442	188,319	121,310	111,111	13.478.878			
85	128.100	81.159	80,73	50,45	0,7655	0,0489	0,6573	188,319	123,780	111,111	13.753.350			
90	128.100	81.159	81,40	50,88	1,1887	0,0489	0,6704	188,319	126,250	111,111	14.027.821			
95	128.100	81.159	82,12	51,33	1,6389	0,0489	0,6844	188,319	128,878	111,111	14.319.815			
100	128.100	81.159	82,85	51,78	2,0891	0,0489	0,6983	188,319	131,506	111,111	14.611.809			

nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)											Ukn N300			
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	V _m [km/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF(P) _{am} N300 [U/a]	W _{ua} (P) [€/U]	UK (P) [€/a]			
50	252.158	30.742	49,94	31,21	-3,0415	0,0779	0,0930	334,335	31,106	96,038	2.987.320			
55	252.158	30.742	54,81	34,26	0,0000	0,0710	0,1219	334,335	40,761	96,038	3.914.571			
60	252.158	30.742	59,68	37,30	3,0415	0,0710	0,1482	334,335	49,558	96,038	4.759.495			
65	252.158	30.742	64,56	40,35	6,0928	0,0710	0,1746	334,335	58,395	96,038	5.607.146			
70	252.158	30.742	69,44	43,40	9,1442	0,0710	0,2010	334,335	67,211	96,038	6.454.798			
75	252.158	30.742	74,41	46,51	12,2500	0,0710	0,2279	334,335	76,195	96,038	7.317.595			
80	252.158	30.742	79,38	49,61	15,3558	0,0710	0,2548	334,335	85,179	96,038	8.180.392			
85	252.158	30.742	84,45	52,78	18,5273	0,0710	0,2822	334,335	94,352	96,038	9.061.415			
90	252.158	30.742	89,53	55,96	21,6987	0,0710	0,3096	334,335	103,526	96,038	9.942.438			
95	252.158	30.742	94,40	59,00	24,7455	0,0710	0,3360	334,335	112,339	96,038	10.788.813			
100	252.158	30.742	99,28	62,05	27,7922	0,0710	0,3624	334,335	121,152	96,038	11.635.187			

Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

Innerhalb von Ortschaften in BRD							UKi N100			
L	AF U(P)	VR _m	delta V	AF Rural	AF Rural	UD (P)	L	AFi N100	Wua(P)	UK (P)
[km]	[U/a]	[km/h]	[miles/h]	[miles/h]	[%/(miles/h)]	[U/(km a)]	[km]	[U/a]	[€/U]	[€/a]
										32.337.000
										32.186.721
										32.019.132
										31.841.919
										31.462.537
										31.320.909

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

Bundesautobahnen in BRD							UK BAB N100			
L	AF U(P)	V _m	delta V	AF Rural	AF Rural	UD (P)	L	AF _{BAB} N100	Wua(P)	UK (P)
[km]	[U/a]	[km/h]	[miles/h]	[miles/h]	[%/(miles/h)]	[U/(km a)]	[km]	[U/a]	[€/U]	[€/a]
										17.697.103
										17.668.838
										17.629.643
										17.593.507
										17.551.271
										17.527.232

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)							UKü N100				
L	AF U(P)	V _m	delta V	AF Rural	AF Rural	UD (P)	L	AFü N100	Wua(P)	UK (P)	
[km]	[U/a]	[km/h]	[miles/h]	[miles/h]	[%/(miles/h)]	[U/(km a)]	[km]	[U/a]	[€/U]	[€/a]	
128.100	81.159	75,8298	47,39	-0,5681	0,0507	78.822	0,6153	292,474	179,964	111.111	19.996.062
128.100	81.159	76,2288	47,64	-0,3187	0,0507	79.848	0,6233	292,474	182,306	111.111	20.256.266
128.100	81.159	76,6277	47,89	-0,0694	0,0507	80.873	0,6313	292,474	184,648	111.111	20.516.470
128.100	81.159	76,6771	47,92	-0,0386	0,0507	81.000	0,6323	292,474	184,938	111.111	20.548.652
128.100	81.159	76,7264	47,95	-0,0077	0,0507	81.127	0,6333	292,474	185,227	111.111	20.580.834
128.100	81.159	76,7388	47,96	0,0000	0,0507	81.159	0,6336	292,474	185,300	111.111	20.588.901
128.100	81.159	76,7511	47,97	0,0077	0,0507	81.191	0,6338	292,474	185,372	111.111	20.596.968
128.100	81.159	76,7149	47,95	-0,0149	0,0507	81.098	0,6331	292,474	185,159	111.111	20.573.317
128.100	81.159	76,6786	47,92	-0,0376	0,0507	81.004	0,6324	292,474	184,947	111.111	20.549.665
128.100	81.159	76,6845	47,93	-0,0339	0,0507	81.019	0,6325	292,474	184,981	111.111	20.553.491
128.100	81.159	76,6903	47,93	-0,0303	0,0507	81.035	0,6326	292,474	185,015	111.111	20.557.317

nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)							Ukn N100				ΣUK(P) _ü N100	
L	AF U(P)	V _m	delta V	AF Rural	AF Rural	UD (P)	L	AFn N100	Wua(P)	UK (P)		
[km]	[U/a]	[km/h]	[miles/h]	[miles/h]	[%/(miles/h)]	[U/(km a)]	[km]	[U/a]	[€/U]	[€/a]		
252.158	30.742	49,9982	31,25	-3,0955	0,0778	23.339	0,0926	230,179	21,304	96,038	2.046.044	72.076.208
252.158	30.742	54,9511	34,34	0,0000	0,0708	30.742	0,1219	230,179	28,062	96,038	2.695.057	72.866.905
252.158	30.742	59,9039	37,44	3,0955	0,0708	37.478	0,1486	230,179	34,211	96,038	3.285.574	73.657.602
252.158	30.742	64,8672	40,54	6,1976	0,0708	44.228	0,1754	230,179	40,373	96,038	3.877.332	74.178.151
252.158	30.742	69,8305	43,64	9,2996	0,0708	50.978	0,2022	230,179	46,535	96,038	4.469.091	74.698.700
252.158	30.742	74,8907	46,81	12,4622	0,0708	57.860	0,2295	230,179	52,817	96,038	5.072.406	75.203.408
252.158	30.742	79,9509	49,97	15,6249	0,0708	64.742	0,2568	230,179	59,099	96,038	5.675.721	75.708.115
252.158	30.742	84,9620	53,10	18,7568	0,0708	71.557	0,2838	230,179	65,320	96,038	6.273.179	76.071.113
252.158	30.742	89,9730	56,23	21,8887	0,0708	78.372	0,3108	230,179	71,541	96,038	6.870.637	76.434.111
252.158	30.742	94,9516	59,34	25,0003	0,0708	85.143	0,3377	230,179	77,721	96,038	7.464.220	76.948.685
252.158	30.742	99,9302	62,46	28,1119	0,0708	91.914	0,3645	230,179	83,902	96,038	8.057.802	77.463.259

Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	Innerhalb von Ortschaften in BRD						UKi N200			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AFi N200 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50												32.274.217
55												
60												32.085.718
65												
70												31.896.958
75												
80												31.685.986
85												
90												31.270.858
95												
100												31.108.557

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	Bundesautobahnen in BRD						UK BAB N200			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _{BAB} N200 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50												17.733.969
55												
60												17.672.129
65												
70												17.604.687
75												
80												17.531.423
85												
90												17.453.754
95												
100												17.381.936

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)						UKü N200			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _ü N200 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50	128.100	81.159	76,63	47,89	-1,2242	0,0495	76.241	0,5952	234,466	139,547	111,111	15.505.290
55	128.100	81.159	77,12	48,20	-0,9165	0,0495	77.478	0,6048	234,466	141,810	111,111	15.756.709
60	128.100	81.159	77,61	48,51	-0,6087	0,0495	78.714	0,6145	234,466	144,073	111,111	16.008.128
65	128.100	81.159	77,96	48,72	-0,3950	0,0495	79.572	0,6212	234,466	145,644	111,111	16.182.725
70	128.100	81.159	78,30	48,94	-0,1813	0,0495	80.431	0,6279	234,466	147,216	111,111	16.357.322
75	128.100	81.159	78,59	49,12	0,0000	0,0495	81.159	0,6336	234,466	148,548	111,111	16.505.389
80	128.100	81.159	78,88	49,30	0,1813	0,0495	81.887	0,6392	234,466	149,881	111,111	16.653.456
85	128.100	81.159	79,19	49,49	0,3756	0,0495	82.668	0,6453	234,466	151,310	111,111	16.812.254
90	128.100	81.159	79,50	49,69	0,5700	0,0495	83.449	0,6514	234,466	152,739	111,111	16.971.052
95	128.100	81.159	79,88	49,92	0,8067	0,0495	84.399	0,6589	234,466	154,479	111,111	17.164.355
100	128.100	81.159	80,26	50,16	1,0433	0,0495	85.350	0,6663	234,466	156,219	111,111	17.357.659

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)						Ukn N200			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _n N200 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50	252.158	30.742	49,94	31,21	-3,0415	0,0779	23.460	0,0930	288,188	26,812	96,038	2.574.991
55	252.158	30.742	54,81	34,26	0,0000	0,0710	30.742	0,1219	288,188	35,135	96,038	3.374.257
60	252.158	30.742	59,68	37,30	3,0415	0,0710	37.377	0,1482	288,188	42,718	96,038	4.102.559
65	252.158	30.742	64,56	40,35	6,0928	0,0710	44.034	0,1746	288,188	50,326	96,038	4.833.213
70	252.158	30.742	69,44	43,40	9,1442	0,0710	50.691	0,2010	288,188	57,934	96,038	5.563.867
75	252.158	30.742	74,41	46,51	12,2500	0,0710	57.467	0,2279	288,188	65,678	96,038	6.307.575
80	252.158	30.742	79,38	49,61	15,3558	0,0710	64.242	0,2548	288,188	73,422	96,038	7.051.283
85	252.158	30.742	84,45	52,78	18,5273	0,0710	71.161	0,2822	288,188	81,329	96,038	7.810.702
90	252.158	30.742	89,53	55,96	21,6987	0,0710	78.080	0,3096	288,188	89,237	96,038	8.570.121
95	252.158	30.742	94,40	59,00	24,7455	0,0710	84.727	0,3360	288,188	96,833	96,038	9.299.673
100	252.158	30.742	99,28	62,05	27,7922	0,0710	91.374	0,3624	288,188	104,430	96,038	10.029.226

**Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -**

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	Innerhalb von Ortschaften in BRD						UKi N300			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AFi N300 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50												32.298.507
55												
60												32.065.316
65												
70												31.816.610
75												
80												31.249.329
85												
90												31.068.349
95												
100												30.932.770

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

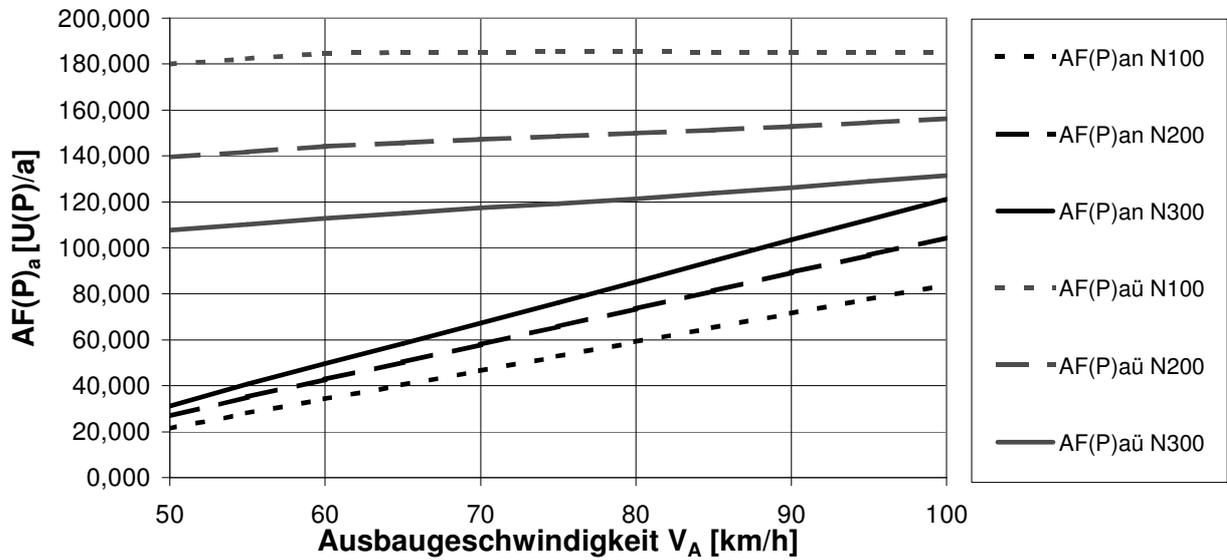
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	Bundesautobahnen in BRD						UK BAB N300			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _{BAB} N300 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50												17.740.545
55												
60												17.662.852
65												
70												17.618.164
75												
80												17.541.626
85												
90												17.472.015
95												
100												17.350.240

Kosten aus Berechnung [EWS FGSV 1997]

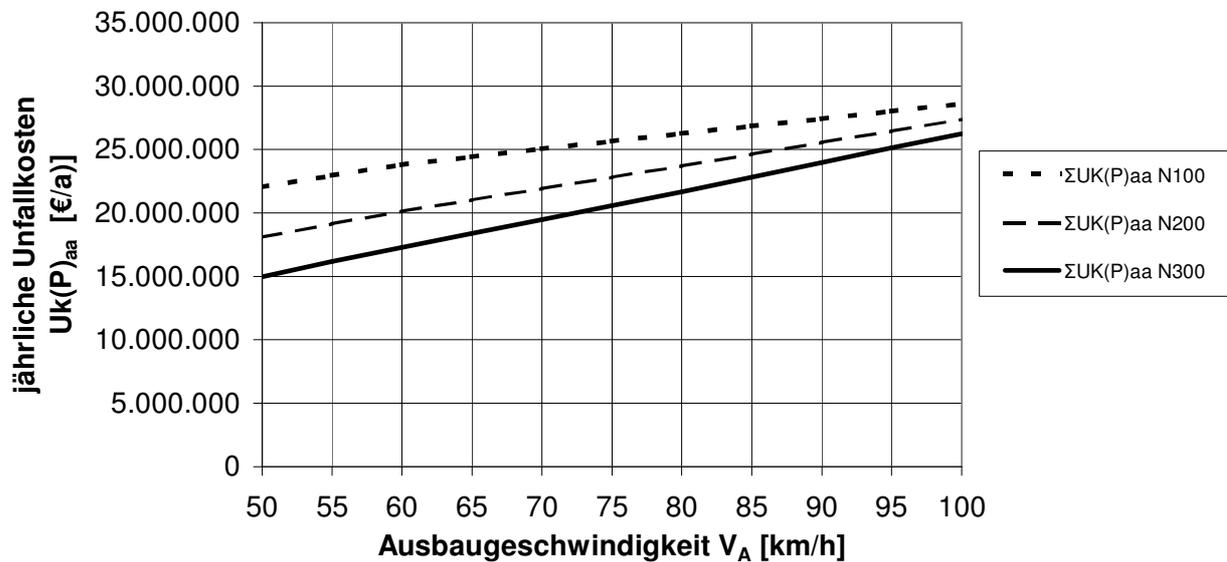
V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	übergeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Bundes- und Landesstraßen)						UKü N300			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _ü N300 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50	128.100	81.159	76,33	47,71	-1,9809	0,0489	73.294	0,5722	188,319	107,748	111,111	11.972.066
55	128.100	81.159	77,03	48,14	-1,5473	0,0489	75.015	0,5856	188,319	110,279	111,111	12.253.276
60	128.100	81.159	77,72	48,58	-1,1137	0,0489	76.737	0,5990	188,319	112,810	111,111	12.534.487
65	128.100	81.159	78,34	48,96	-0,7280	0,0489	78.268	0,6110	188,319	115,062	111,111	12.784.645
70	128.100	81.159	78,95	49,35	-0,3423	0,0489	79.800	0,6229	188,319	117,313	111,111	13.034.803
75	128.100	81.159	79,50	49,69	0,0000	0,0489	81.159	0,6336	188,319	119,311	111,111	13.256.841
80	128.100	81.159	80,05	50,03	0,3423	0,0489	82.518	0,6442	188,319	121,310	111,111	13.478.878
85	128.100	81.159	80,73	50,45	0,7655	0,0489	84.199	0,6573	188,319	123,780	111,111	13.753.350
90	128.100	81.159	81,40	50,88	1,1887	0,0489	85.879	0,6704	188,319	126,250	111,111	14.027.821
95	128.100	81.159	82,12	51,33	1,6389	0,0489	87.667	0,6844	188,319	128,878	111,111	14.319.815
100	128.100	81.159	82,85	51,78	2,0891	0,0489	89.454	0,6983	188,319	131,506	111,111	14.611.809

V _A im nStrN [km/h]	L [km]	U(P) [U/a]	nachgeordnetes Straßennetz in BRD (Summe Kreisstraßen und anderen Straßen)						Ukn N300			UK (P) [€/a]
			V _m [km/h]	V _m [miles/h]	delta V [miles/h]	AF Rural [%/(miles/h)]	AF Rural [U/a]	UD (P) [U/(km a)]	L [km]	AF _n N300 [U/a]	Wua(P) [€/U]	
50	252.158	30.742	49,94	31,21	-3,0415	0,0779	23.460	0,0930	334,335	31,106	96,038	2.987.320
55	252.158	30.742	54,81	34,26	0,0000	0,0710	30.742	0,1219	334,335	40,761	96,038	3.914.571
60	252.158	30.742	59,68	37,30	3,0415	0,0710	37.377	0,1482	334,335	49,558	96,038	4.759.495
65	252.158	30.742	64,56	40,35	6,0928	0,0710	44.034	0,1746	334,335	58,385	96,038	5.607.146
70	252.158	30.742	69,44	43,40	9,1442	0,0710	50.691	0,2010	334,335	67,211	96,038	6.454.798
75	252.158	30.742	74,41	46,51	12,2500	0,0710	57.467	0,2279	334,335	76,195	96,038	7.317.595
80	252.158	30.742	79,38	49,61	15,3558	0,0710	64.242	0,2548	334,335	85,179	96,038	8.180.392
85	252.158	30.742	84,45	52,78	18,5273	0,0710	71.161	0,2822	334,335	94,352	96,038	9.061.415
90	252.158	30.742	89,53	55,96	21,6987	0,0710	78.080	0,3096	334,335	103,526	96,038	9.942.438
95	252.158	30.742	94,40	59,00	24,7455	0,0710	84.727	0,3360	334,335	112,339	96,038	10.788.813
100	252.158	30.742	99,28	62,05	27,7922	0,0710	91.374	0,3624	334,335	121,152	96,038	11.635.187

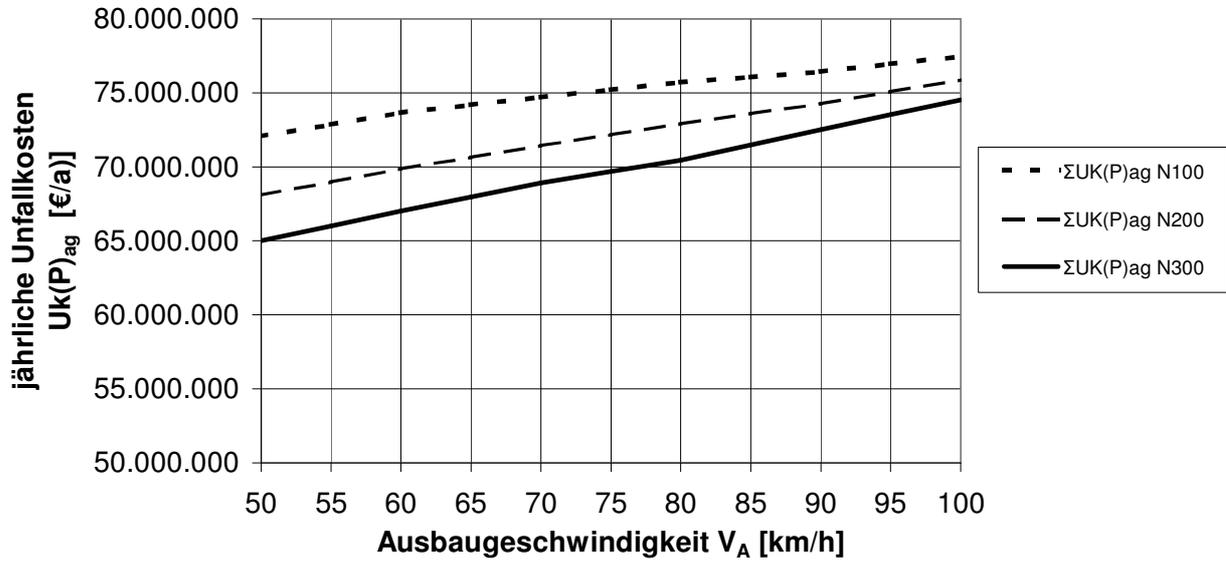
Erwartete Anzahl der Unfälle U(P) nach TAYLOR im Außerortsnetz



Jährliche Unfallkosten Außerortsnetz Ansatz nach TAYLOR



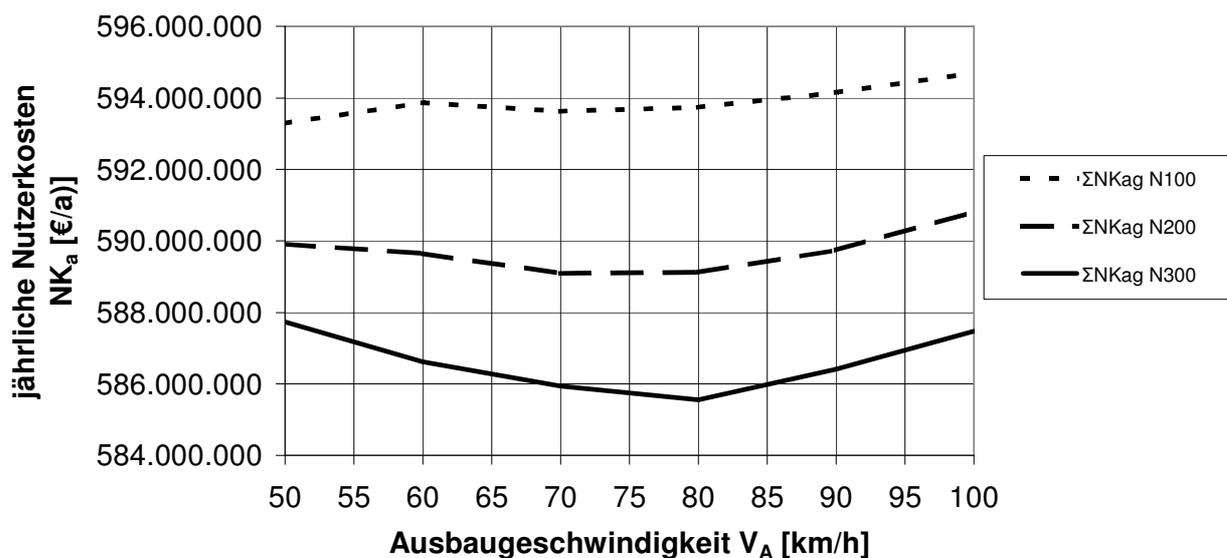
Jährliche Unfallkosten Gesamtnetz Ansatz nach TAYLOR



17.2 Summe Nutzerkosten

Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	ΣB_{kag} N100	[€/a]	288.960.712	288.830.601	288.554.744	288.632.231	289.171.736	289.701.868
Betriebskosten N200	ΣB_{kag} N200	[€/a]	289.120.564	288.718.414	288.291.435	288.356.702	288.936.622	289.537.162
Betriebskosten N300	ΣB_{kag} N300	[€/a]	289.231.600	288.562.817	288.135.088	288.318.108	288.626.594	289.056.735
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N100	[€/a]	72.076.208	73.657.602	74.698.700	75.708.115	76.434.111	77.463.259
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N200	[€/a]	68.088.467	69.868.534	71.422.835	72.922.148	74.265.785	75.877.379
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)_{ag}$ N300	[€/a]	64.998.438	67.022.150	68.924.375	70.450.225	72.510.624	74.530.006
Zeitkosten N100	ΣTK_{ag} N100	[€/a]	232.245.705	231.379.322	230.365.815	229.389.879	228.539.801	227.537.274
Zeitkosten N200	ΣTK_{ag} N200	[€/a]	232.699.965	231.067.784	229.381.603	227.841.291	226.530.833	225.409.887
Zeitkosten N300	ΣTK_{ag} N300	[€/a]	233.507.775	231.028.592	228.874.436	226.787.280	225.272.985	223.879.192
Nutzerkosten N100	ΣNK_{ag} N100	[€/a]	593.282.626	593.867.525	593.619.259	593.730.226	594.145.648	594.702.401
Nutzerkosten N200	ΣNK_{ag} N200	[€/a]	589.908.995	589.654.733	589.095.873	589.120.142	589.733.239	590.824.427
Nutzerkosten N300	ΣNK_{ag} N300	[€/a]	587.737.813	586.613.559	585.933.898	585.555.614	586.410.203	587.465.933

**Jährliche Nutzerkosten Gesamtnetz
mit $UK(P)_a$ nach TAYLOR**



18 Baukosten

18.1 Investitionskosten

	Grundbaukosten KB_G nach Gewerk je Kilometer			Abschreibungs- zeitraum dq [a]	Annuitäten- faktor afq [1/a]	Grundinvestitionskosten $KI_{a,G}$ nach Gewerk je Kilometer	
	% Anteile	KB_{G40} [€/km]	KB_{G55} [€/km]			$KI_{a,G40}$ [€/(km*a)]	$KI_{a,G55}$ [€/(km*a)]
Grunderwerb	8%	32.000	44.000	unendlich	0,03000	960	1.320
Baustelleneinrichtung	5%	20.000	27.500	unendlich	0,03000	600	825
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	18%	72.000	99.000	100	0,03165	2.279	3.133
Oberbau	25%	100.000	137.500	25	0,05743	5.743	7.897
Brücken	20%	80.000	110.000	50	0,03887	3.110	4.276
Stützwände	0%	0	0	50	0,03887	0	0
Tunnel	0%	0	0	50	0,03887	0	0
sonstige Bauwerke	5%	20.000	27.500	50	0,03887	777	1.069
Ausstattung	3%	12.000	16.500	10	0,11723	1.407	1.934
Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	5%	20.000	27.500	unendlich	0,03000	600	825
Bauüberwachung	2%	8.000	11.000	unendlich	0,03000	240	330
Planungskosten	9%	36.000	49.500	unendlich	0,03000	1.080	1.485
Summen:	100%	400.000	550.000			16.796	23.094

Abschreibungszeiträume: EWS (1997)
Annuitätsfaktoren: EWS (1997), mit einem Zinssatz pro Jahr von $p = 3$ [%/a]

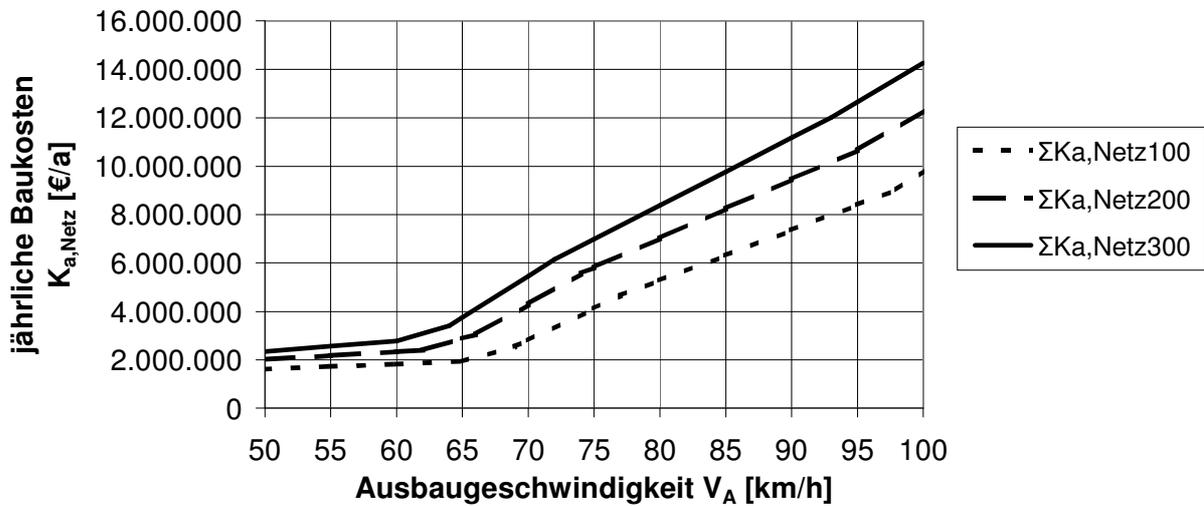
	zusätzliche Baukosten KB_z und maximale Baukosten KB_{max} nach Gewerk je Kilometer				Maximalinvestitionskosten $KI_{a,max}$ nach Gewerk je Kilometer		
	%-Anteile an 100% KB_G	KB_{z40} [€/km]	KB_{max40} [€/km]	KB_{z55} [€/km]	KB_{max55} [€/km]	$KI_{a,max40}$ [€/(km*a)]	$KI_{a,max55}$ [€/(km*a)]
Grunderwerb	4%	16.000	48.000	22.000	66.000	1.440	1.980
Baustelleneinrichtung	3%	12.000	32.000	16.500	44.000	960	1.320
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	5%	20.000	92.000	27.500	126.500	2.912	4.004
Oberbau	10%	40.000	140.000	55.000	192.500	8.040	11.055
Brücken	10%	40.000	120.000	55.000	165.000	4.664	6.414
Stützwände	5%	20.000	20.000	27.500	27.500	777	1.069
Tunnel	25%	100.000	100.000	137.500	137.500	3.887	5.345
sonstige Bauwerke	0%	0	20.000	0	27.500	777	1.069
Ausstattung	2%	8.000	20.000	11.000	27.500	2.345	3.224
Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	3%	12.000	32.000	16.500	44.000	960	1.320
Bauüberwachung	1%	4.000	12.000	5.500	16.500	360	495
Planungskosten	0%	0	36.000	0	49.500	1.080	1.485
Summen:		272.000	672.000	374.000	924.000	28.203	38.779

Abschreibungszeiträume: EWS
Annuitätsfaktoren: EWS (1997), mit einem Zinssatz pro Jahr von $p = 3$ [%/a]

18.2 Jährliche Baukosten

nachgeordnetes Straßennetz nStrN [-]	maximale Gesamtverkehrsstärke q_{max} [Kfz/h]	mittlere Kurvigkeit									
		10		37,5		112,5		187,5		225	
		[gon/km]		[gon/km]		[gon/km]		[gon/km]		[gon/km]	
mittlere Pkw-Geschwindigkeit / Längenpercentil											
		V_{Rm}	LC	V_{Rm}	LC	V_{Rm}	LC	V_{Rm}	LC	V_{Rm}	LC
		[km/h]	[-]	[km/h]	[-]	[km/h]	[-]	[km/h]	[-]	[km/h]	[-]
N100	100	100	0,08	98	0,15	77	0,54	69	0,84	65	0,94
N200	200	100	0,08	95	0,18	74	0,55	66	0,85	62	0,94
N300	300	100	0,08	93	0,19	72	0,57	64	0,86	60	0,94

**jährliche Baukosten $K_{a,Netz}$
 in den nachgeordneten Straßennetzteilen
 bei unterschiedlichen Ausbaugeschwindigkeiten V_A**



Berechnung der jährlichen Baukosten $K_{a,Netz}$ für alle nachgeordneten Straßennetze

	nachgeordnetes Straßennetz N100													
	50	55	60	65	69	70	75	77	80	85	90	95	98	100
Ausbaugeschwindigkeit	VA	[km/h]	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179
Straßenlänge	L	[km]	100%	94%	86%	84%	54%	54%	54%	54%	54%	54%	15%	8%
Längenpercentil	LC	[%]	0%	6%	16%	16%	46%	46%	46%	46%	46%	46%	85%	92%
Ausbauanteil an L	LA	[%]	0,0000	13,8107	36,8286	36,8286	105,8823	105,8823	105,8823	105,8823	105,8823	105,8823	195,6522	211,7647
Investitionskosten	KL _a	[€/(km*a)]	16,796	23,391	25,150	25,150	28,667	28,667	28,667	28,667	28,667	28,667	37,900	38,779
jährliche Investitionskosten	KL _{a,Netz}	[€/(km*a)]	0	323,046	926,223	926,223	3,035,310	3,035,310	3,035,310	3,035,310	3,035,310	3,035,310	7,415,154	8,212,023
Laufende Kosten	KL _b	[€/(km*a)]	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
jährliche laufende Kosten	KL _{b,Netz}	[€/(a)]	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz100}$	[€/(a)]	1,611,253	1,718,935	1,826,617	1,934,299	2,537,476	2,801,112	4,119,291	4,646,563	5,272,255	7,367,895	8,400,715	9,026,407

	nachgeordnetes Straßennetz N200													
	50	55	60	62	65	66	70	74	75	80	85	90	95	100
Ausbaugeschwindigkeit	VA	[km/h]	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188
Straßenlänge	L	[km]	100%	94%	86%	85%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	18%	8%
Längenpercentil	LC	[%]	0%	6%	15%	15%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	82%	92%
Ausbauanteil an L	LA	[%]	0,0000	17,2913	43,2282	43,2282	129,6846	129,6846	129,6846	129,6846	129,6846	129,6846	236,3142	265,1330
Investitionskosten	KL _a	[€/(km*a)]	16,796	22,072	23,831	23,831	27,348	27,348	27,348	27,348	27,348	27,348	36,561	38,779
jährliche Investitionskosten	KL _{a,Netz}	[€/(km*a)]	0	381,652	1,030,152	1,030,152	3,546,594	3,546,594	3,546,594	3,546,594	3,546,594	3,546,594	8,644,537	10,281,591
Laufende Kosten	KL _b	[€/(km*a)]	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
jährliche laufende Kosten	KL _{b,Netz}	[€/(a)]	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz200}$	[€/(a)]	2,017,316	2,176,338	2,335,359	2,398,968	2,885,343	3,047,468	4,305,689	5,563,910	5,806,669	7,020,465	8,234,261	9,448,057

	nachgeordnetes Straßennetz N300													
	50	55	60	64	65	70	72	75	80	85	90	93	95	100
Ausbaugeschwindigkeit	VA	[km/h]	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335
Straßenlänge	L	[km]	100%	94%	86%	86%	57%	57%	57%	57%	57%	19%	8%	8%
Längenpercentil	LC	[%]	0%	6%	14%	14%	43%	43%	43%	43%	43%	81%	92%	92%
Ausbauanteil an L	LA	[%]	0,0000	20,0601	46,8069	46,8069	143,7641	143,7641	143,7641	143,7641	143,7641	270,8114	307,5882	307,5882
Investitionskosten	KL _a	[€/(km*a)]	16,796	21,193	22,951	22,951	26,469	26,469	26,469	26,469	26,469	35,701	38,779	38,779
jährliche Investitionskosten	KL _{a,Netz}	[€/(km*a)]	0	425,126	1,074,276	1,074,276	3,805,222	3,805,222	3,805,222	3,805,222	3,805,222	9,668,339	11,927,963	11,927,963
Laufende Kosten	KL _b	[€/(km*a)]	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
jährliche laufende Kosten	KL _{b,Netz}	[€/(a)]	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz300}$	[€/(a)]	2,340,345	2,552,908	2,765,471	3,414,621	3,755,990	5,462,830	6,145,567	6,983,155	8,379,135	9,775,115	11,171,096	12,654,291

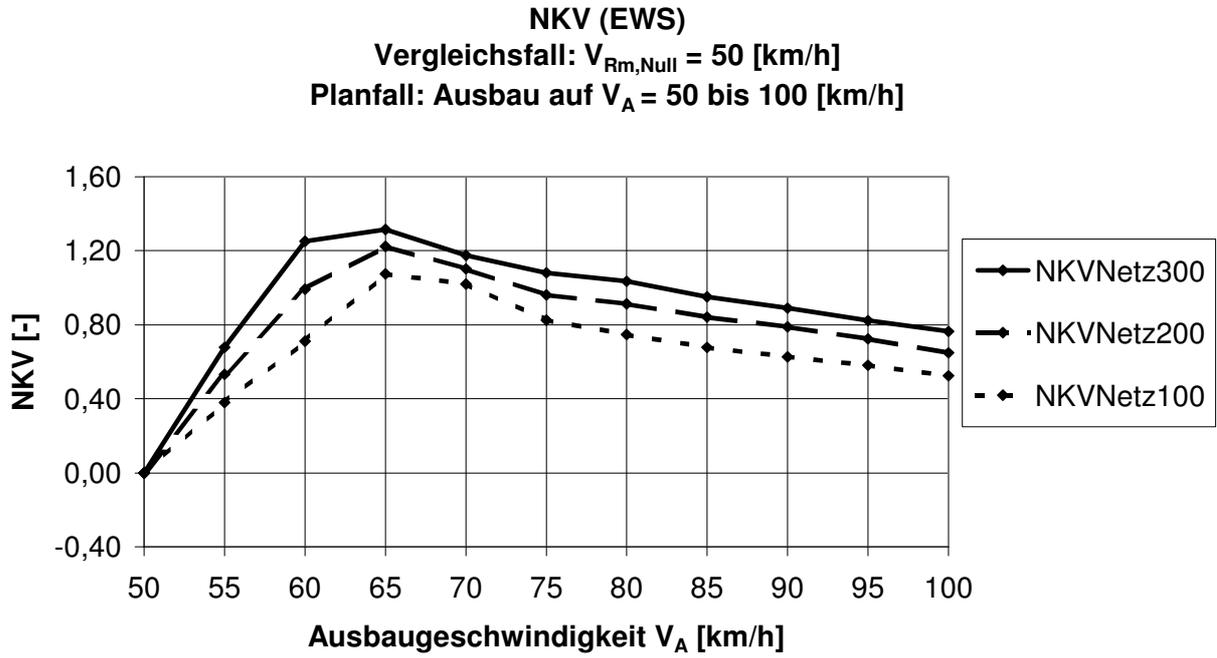
19

NKV

19.1 NKV(EWS)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
$\Sigma NK_{a, \text{Netz100}}$	592.334.068	591.683.532	591.032.997	590.253.682	589.474.367	588.935.491	588.398.615	588.057.022	587.717.429	587.448.804	587.180.180
Delta Nutzerkosten	0	650.535	1.301.070	2.080.385	2.859.701	3.398.577	3.937.453	4.277.046	4.616.639	4.885.263	5.153.888
nStrN N200											
$\Sigma NK_{a, \text{Netz200}}$	592.650.890	591.491.421	590.331.952	589.119.993	587.908.034	587.073.738	586.239.442	585.713.925	585.188.409	584.926.824	584.665.238
Delta Nutzerkosten	0	1.159.469	2.318.938	3.530.897	4.742.856	5.577.152	6.411.448	6.936.964	7.462.481	7.724.066	7.985.652
nStrN N300											
$\Sigma NK_{a, \text{Netz300}}$	593.488.181	591.759.210	590.030.239	588.549.670	587.069.101	585.943.204	584.817.308	584.186.138	583.554.968	583.067.980	582.580.992
Delta Nutzerkosten	0	1.728.971	3.457.942	4.938.511	6.419.080	7.544.977	8.670.874	9.302.044	9.933.214	10.420.201	10.907.189
jährliche Bauasträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
$\Sigma K_{a, \text{Netz100}}$	1.611.253	1.718.935	1.826.617	1.934.299	2.801.112	4.119.291	5.272.255	6.315.075	7.357.895	8.400.715	9.823.276
$\Sigma K_{a, \text{Netz200}}$	2.017.316	2.176.358	2.335.359	2.885.343	4.305.689	5.806.669	7.020.465	8.234.261	9.448.057	10.661.853	12.298.907
$\Sigma K_{a, \text{Netz300}}$	2.340.345	2.552.908	2.765.471	3.755.990	5.462.830	6.983.155	8.379.135	9.775.115	11.171.096	12.654.291	14.268.308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV_{Netz100}	0,00	0,38	0,71	1,08	1,02	0,83	0,75	0,68	0,63	0,58	0,52
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV_{Netz200}	0,00	0,53	0,99	1,22	1,10	0,96	0,91	0,84	0,79	0,72	0,65
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV_{Netz300}	0,00	0,68	1,25	1,31	1,18	1,08	1,03	0,95	0,89	0,82	0,76



19.2 NKV(TAYLOR)

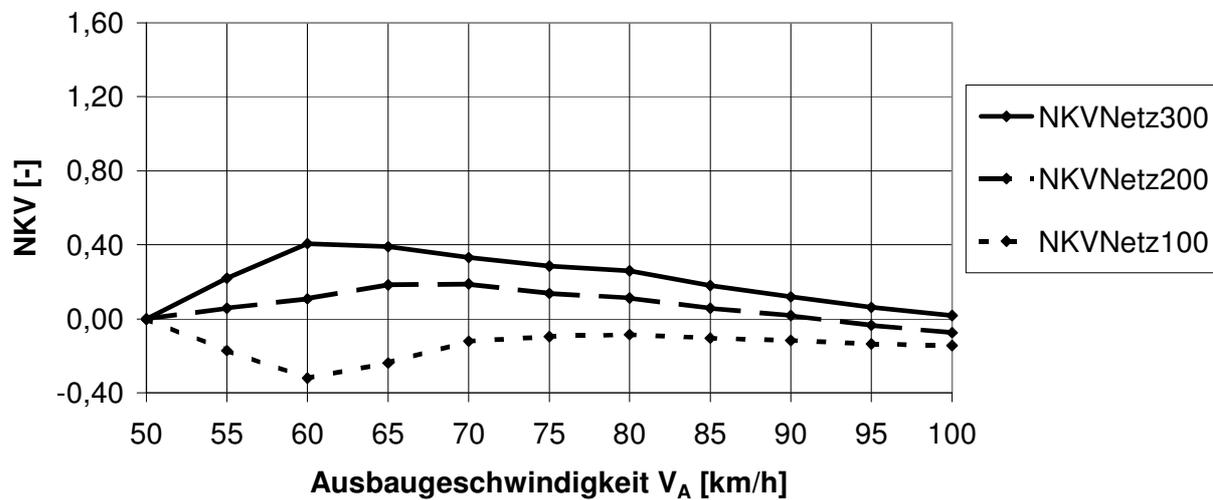
Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeswindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Nutzerkosten	$\Sigma NK_{s,Netz100}$	593.282.626	593.575.076	593.743.392	593.619.259	593.674.742	593.730.226	593.937.937	594.145.648	594.424.024	594.702.401
Delta Nutzerkosten	0	-292.450	-584.900	-460.767	-336.634	-392.117	-447.600	-655.311	-863.022	-1.141.399	-1.419.775
nStrN N200	$\Sigma NK_{s,Netz200}$	589.908.995	589.781.864	589.654.733	589.375.303	589.095.873	589.120.142	589.426.690	589.733.239	590.278.833	590.824.427
Delta Nutzerkosten	0	127.131	254.262	533.692	813.122	800.987	788.853	482.304	175.755	-369.838	-915.432
nStrN N300	$\Sigma NK_{s,Netz300}$	587.737.813	587.175.686	586.613.559	586.273.729	585.933.898	585.744.756	585.555.614	586.410.203	586.938.068	587.465.933
Delta Nutzerkosten	0	562.127	1.124.253	1.464.084	1.803.914	1.993.057	2.182.199	1.754.904	1.327.610	799.745	271.880
jährliche Baulastträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{s,Netz100}$	1.611.253	1.718.935	1.826.617	1.934.299	2.041.112	2.149.291	2.257.255	2.365.895	2.474.715	2.583.620
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{s,Netz200}$	2.017.316	2.176.338	2.335.359	2.494.380	2.653.399	2.812.418	2.971.437	3.130.456	3.289.475	3.448.494
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{s,Netz300}$	2.340.345	2.552.908	2.765.471	2.978.034	3.190.597	3.403.160	3.615.723	3.828.286	4.040.849	4.253.412

NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft

	[€]										
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz100}	0,00	-0,17	-0,32	-0,24	-0,12	-0,10	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,14
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz200}	0,00	0,06	0,11	0,18	0,19	0,14	0,11	0,06	0,02	-0,03	-0,07
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz300}	0,00	0,22	0,41	0,39	0,33	0,29	0,26	0,18	0,12	0,06	0,02

NKV (TAYLOR)
Vergleichsfall: $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]



20

Sensitivitätsanalyse Betriebskosten

20.1 Fahrleistungsbezogene Betriebskosten

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	0,57	0,54	0,51	0,50	0,48	0,48
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchsfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	27,39	24,80	23,50	23,10	23,40	24,29
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	9,97	9,85	9,79	9,77	9,78	9,82

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung bergauf	s	[%]	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	0,73	0,70	0,69	0,67	0,66	0,66
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchsfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	34,96	32,41	31,33	31,27	32,02	33,46
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	10,32	10,20	10,15	10,15	10,18	10,25

				Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					
				50	60	70	80	90	100
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V_{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Korrekturfaktor fnr								
	Längsneigung	SFNetz	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	kf	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchsfaktor	kf_{Netz} N100	[g/(Kfz km)]	48,15	46,08	45,71	46,55	48,36	50,96
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/100Kfz km]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	$BK(FL)_{FG}$	[€/100Kfz km]	10,93	10,83	10,82	10,86	10,94	11,06

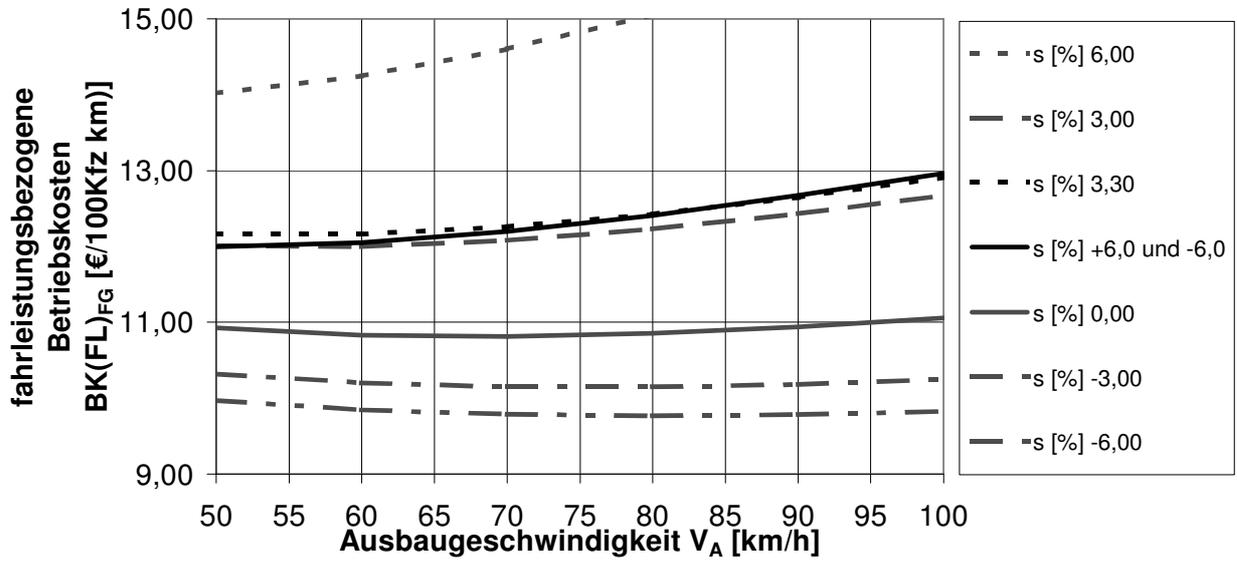
Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	1,49	1,55	1,60	1,64	1,67	1,68
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	71,60	71,26	72,98	76,21	80,58	85,83
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/(100Kfz km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/(100Kfz km)]	12,02	12,00	12,08	12,23	12,43	12,67

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	2,39	2,60	2,79	2,95	3,06	3,14
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	114,93	119,85	127,52	137,18	148,16	159,84
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/(100Kfz km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/(100Kfz km)]	14,02	14,25	14,60	15,05	15,56	16,10

			Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)						
nachgeordnetes Straßennetz	Ausbaugeschwindigkeit	V _A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
		V _{Netz}	[km/h]	50	60	70	80	90	100
	Emissionsfaktoren	EF N100	[g/(Kfz km)]	52,92	50,64	50,23	51,16	53,14	56,00
	Längsneigung	s	[%]	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
	Korrekturfaktor fnr Längsneigung	SFNetz	[-]	1,55	1,62	1,68	1,73	1,76	1,78
	Minderungsfaktor fnr Bezug auf das Jahr 2000	k _f	[-]	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Kraftstoffverbrauchfaktor	k _{f,Netz} N100	[g/(Kfz km)]	74,81	74,78	76,86	80,48	85,26	90,92
	Betriebskosten-Grundwert	BGW	[€/(100Kfz km)]	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	Kraftstoffkostensatz	BK (B;D)	[€/kg]	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK Netz	[€/(100Kfz km)]	12,16	12,16	12,26	12,43	12,65	12,91
	Längsneigung bergauf	s	[%]	+6,0 und -6,0					
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten der FG	BK(FL) _{FG}	[€/(100Kfz km)]	11,99	12,05	12,20	12,41	12,67	12,96	

fahrleistungsbezogene Betriebskosten Fahrzeuguntergruppe PO Sensitivitätsanalyse



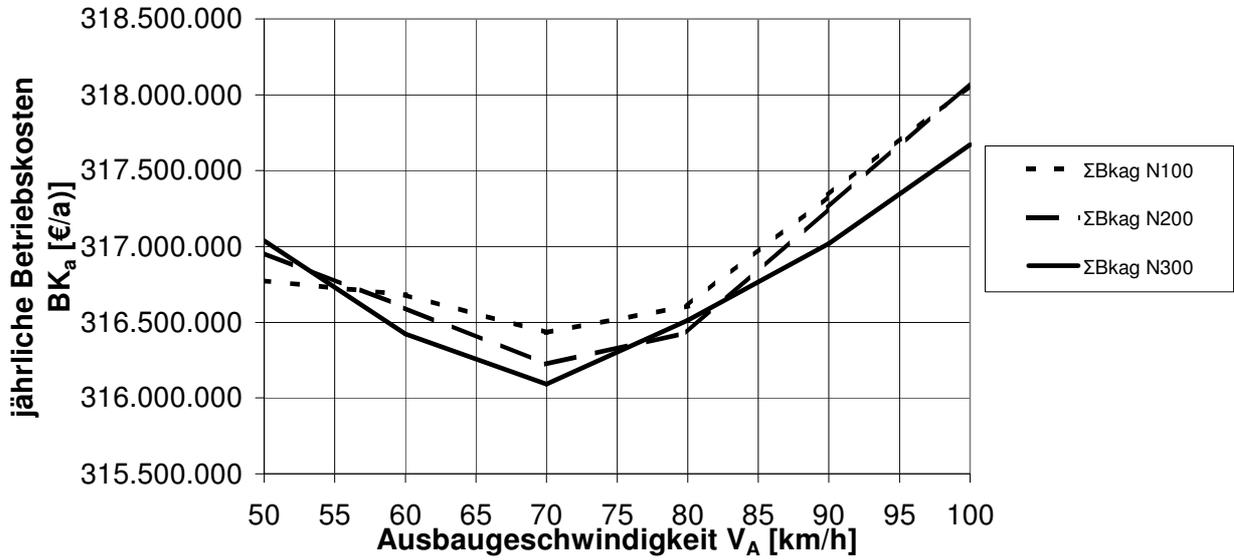
Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
 - Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

Übergeordnetes Straßennetz	jährliche BK_{km} [€/km]	Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)										Fahrzeuguntergruppe LS																																																	
		50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00																																										
Ausbaugeschwindigkeit V_a [km/h]		76	77	77	77	77	77	76	77	77	77	77	77	77	79	79	78	78	80	80																																									
$V_{a,N100}$ [km/h]		77	78	78	79	80	80	77	78	78	79	80	80	80	79	80	80	80	80	80																																									
$V_{a,N200}$ [km/h]		76	78	79	80	81	83	76	78	79	80	81	83	83	79	80	80	80	80	80																																									
$V_{a,N300}$ [km/h]		724	702	688	680	652	646	724	702	688	680	652	646	646	152	149	145	139	139	139																																									
$Fl_{0,N100}$ [10 ³ KtZ km/d]		686	682	667	660	639	637	686	682	667	660	639	637	637	149	147	145	139	139	139																																									
$Fl_{0,N200}$ [10 ³ KtZ km/d]		683	675	659	655	654	651	683	675	659	655	654	651	651	146	142	142	142	142	142																																									
$Fl_{0,N300}$ [10 ³ KtZ km/d]		50,63	50,72	50,73	50,73	50,72	50,72	48,95	48,94	48,95	48,95	48,95	48,95	48,95	176,89	177,45	176,17	176,28	179,39	179,39																																									
Emissionsfaktoren EF_{N200} [g(KtZ km)]		50,72	50,83	50,92	51,00	51,08	51,20	48,94	48,94	48,94	48,94	48,94	48,94	48,94	177,62	178,26	178,95	178,37	178,99	178,99																																									
Emissionsfaktoren EF_{N300} [g(KtZ km)]		50,88	50,85	51,01	51,17	51,38	51,62	48,91	48,91	48,91	48,91	48,91	48,91	48,91	178,27	178,95	179,07	178,99	178,99	178,99																																									
Längsneigung s [%]		3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30																																									
Korrekturfaktor für Längsneigung $SF_{a,N100}$ [-]		1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63																																									
Korrekturfaktor für Längsneigung $SF_{a,N200}$ [-]		1,71	1,72	1,72	1,72	1,73	1,73	1,71	1,72	1,72	1,72	1,73	1,73	1,73	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63																																									
Korrekturfaktor für Längsneigung $SF_{a,N300}$ [-]		1,71	1,72	1,72	1,73	1,73	1,74	1,71	1,72	1,72	1,73	1,73	1,74	1,74	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63																																									
Mischungsfaktor für Bezugs auf das Jahr 2000 k_f [-]		0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91																																									
Kraftstoffverbrauchsbezug $k_{f,N100}$ [g(KtZ km)]		78,80	79,11	79,15	79,16	79,13	79,13	71,36	71,66	71,70	71,71	71,68	71,69	71,69	261,89	263,32	262,72	260,82	260,99	265,59																																									
Kraftstoffverbrauchsbezug $k_{f,N200}$ [g(KtZ km)]		79,11	79,49	79,77	80,00	80,26	80,58	71,66	72,04	72,31	72,54	72,79	73,10	73,10	262,97	263,92	264,34	264,09	265,00	265,00																																									
Kraftstoffverbrauchsbezug $k_{f,N300}$ [g(KtZ km)]		78,99	79,54	80,04	80,50	81,08	81,73	71,55	72,08	72,57	73,02	73,59	74,21	74,21	262,47	263,94	264,94	265,11	265,00	265,00																																									
Betriebskosten-Grundwert BK_{N100} [€/100KtZ km]		8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75																																									
Kraftstoffkostensatz BK_{N200} [€/kg]		0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404																																									
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten BK_{N300} [€/100KtZ km]		12,35	12,36	12,36	12,36	12,36	12,36	11,58	11,60	11,60	11,60	11,60	11,60	11,60	27,33	27,39	27,36	27,29	27,29	27,48																																									
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten BK_{N200} [€/100KtZ km]		12,36	12,38	12,39	12,40	12,42	12,43	11,60	11,61	11,62	11,63	11,64	11,65	11,65	27,37	27,41	27,43	27,42	27,46	27,46																																									
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten BK_{N100} [€/100KtZ km]		12,36	12,38	12,41	12,43	12,45	12,48	11,59	11,61	11,63	11,65	11,67	11,70	11,70	27,35	27,41	27,45	27,46	27,46	27,46																																									
Betriebskosten $BK_{a,N100}$ [€/km]		32,845.551	31.689.149	31.050.865	30.695.244	29.432.865	29.168.765	30.621.486	29.721.686	29.122.690	28.789.086	27.605.152	27.357.590	27.357.590	15.159.544	14.891.678	14.463.068	13.855.619	13.876.414	13.966.464																																									
Betriebskosten $BK_{a,N200}$ [€/km]		31.405.700	30.635.208	30.185.861	29.895.939	29.553.076	28.887.629	29.455.630	28.917.220	28.286.636	28.031.515	27.144.960	27.000.418	27.000.418	14.881.819	14.721.813	14.485.211	13.914.319	13.934.138	13.946.125																																									
Betriebskosten $BK_{a,N300}$ [€/km]		30.822.234	30.519.632	29.848.411	29.697.629	29.719.404	29.857.715	28.909.589	28.621.063	27.986.641	27.840.655	27.854.879	27.789.919	27.789.919	14.670.421	14.565.384	14.229.188	14.250.832	14.255.716	14.252.716																																									
		Übergeordnetes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																																																											
		$\Sigma BK_{a,N100}$										$\Sigma BK_{a,N200}$										$\Sigma BK_{a,N300}$																																							
		78.426.591										76.302.512										74.636.624										73.339.928										70.914.251										70.482.809									
		75.743.349										74.474.241										72.937.409										71.841.772										70.032.174										69.916.172									
		74.402.244										73.706.259										72.064.240										71.789.116										71.829.999										71.700.350									

Konzept für ein nachgeordnetes Straßennetz außerhalb geschlossener Ortschaften
- Ansatz einer verkehrswirtschaftlichen Bewertung -

Ausbaugeschwindigkeit	Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					Fahrzeuguntergruppe PO (50% an Fahrzeuggruppe P)					Fahrzeuguntergruppe LS					
	50,00	60,00	70,00	80,00	100,00	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
BAB N100	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	80	80	80	80	80	80
BAB N200	103	103	103	103	104	103	103	103	104	104	80	80	80	80	80	80
BAB N300	103	103	103	103	104	103	103	103	104	104	80	80	80	80	80	80
Fl ₁₀₀ N100	1.237	1.235	1.234	1.232	1.228	1.226	1.226	1.226	1.228	1.228	598	596	593	591	591	591
Fl ₁₀₀ N200	1.239	1.235	1.232	1.228	1.219	1.213	1.213	1.226	1.219	1.213	600	597	593	591	591	591
Fl ₁₀₀ N300	1.240	1.235	1.232	1.228	1.221	1.211	1.211	1.228	1.221	1.213	600	597	595	590	590	590
Emissionsfaktoren EF N100	57,13	57,13	57,15	57,15	57,17	57,18	57,18	52,03	52,03	52,05	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99
Emissionsfaktoren EF N200	57,11	57,13	57,15	57,17	57,20	57,22	57,22	52,07	52,03	52,05	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99
Emissionsfaktoren EF N300	57,11	57,13	57,14	57,16	57,18	57,21	57,21	52,02	52,02	52,04	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99	178,99
Längsneigung bergauf s	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Korrekturfaktor frr	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Längsneigung																
Korrekturfaktor frr	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Längsneigung																
Korrekturfaktor frr	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Längsneigung																
Minderungsfaktor frr	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Bezug auf das Jahr 2000 kf	92,95	92,96	92,99	93,00	93,03	93,03	93,03	93,04	93,04	93,04	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00
Kraftstoffverbrauchscharakter K ₁₀₀ N100	92,93	92,96	93,00	93,00	93,08	93,12	93,12	84,69	84,66	84,67	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00
Kraftstoffverbrauchscharakter K ₁₀₀ N200	92,93	92,97	93,00	93,00	93,05	93,11	93,11	84,69	84,65	84,66	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00
Kraftstoffverbrauchscharakter K ₁₀₀ N300	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	87,0	167,5	167,5	167,5	167,5	167,5	167,5
Betriebskosten-Grundwert BK ₁₀₀	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404	0,404
Kraftstoffkostensatz BK (B/D)																
Betriebskosten	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,12	12,12	12,12	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten																
BK (FL) N100	[€](100k/zt km)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,12	12,12	12,12	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46
Betriebskosten																
BK (FL) N200	[€](100k/zt km)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,12	12,12	12,12	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46
Fahrleistungsbezogene Betriebskosten																
BK (FL) N300	[€](100k/zt km)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,12	12,12	12,12	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46	27,46
Betriebskosten																
BK ₁₀₀ N100	[€]	58.703.114	58.632.090	58.562.166	58.462.831	58.292.556	58.195.495	54.706.694	54.642.153	54.576.321	54.483.328	54.324.005	54.233.057	59.955.952	59.774.930	59.408.960
BK ₁₀₀ N200	[€]	58.811.096	58.631.742	58.462.079	58.200.694	57.890.407	57.603.960	54.810.090	54.642.075	54.482.835	54.238.126	53.947.633	53.679.731	60.118.179	59.826.119	59.403.853
BK ₁₀₀ N300	[€]	58.833.866	58.602.940	58.480.735	58.275.906	57.993.149	57.501.507	54.831.152	54.614.913	54.482.006	54.308.785	54.044.367	53.594.491	60.140.702	59.796.190	59.630.925
BK ₁₀₀ N100	[€]	173.367.761	173.048.173	172.547.347	172.158.715	171.832.918	171.651.705	173.865.730	173.014.034	172.573.666	171.694.439	171.158.063	170.216.067	173.865.730	173.014.034	172.573.666
BK ₁₀₀ N200	[€]	173.739.355	173.099.936	172.348.767	171.705.976	171.104.950	170.539.955	173.865.730	173.014.034	172.573.666	171.694.439	171.158.063	170.216.067	173.865.730	173.014.034	172.573.666
BK ₁₀₀ N300	[€]	173.865.730	173.014.034	172.573.666	171.694.439	171.158.063	170.216.067	173.865.730	173.014.034	172.573.666	171.694.439	171.158.063	170.216.067	173.865.730	173.014.034	172.573.666
BK ₁₀₀ N100	[€]	316.772.506	316.680.141	316.430.765	316.607.259	317.338.527	318.067.463	316.772.506	316.680.141	316.430.765	316.607.259	317.338.527	318.067.463	316.772.506	316.680.141	316.430.765
BK ₁₀₀ N200	[€]	316.955.089	316.594.863	316.222.346	316.435.263	317.255.411	318.067.394	316.955.089	316.594.863	316.222.346	316.435.263	317.255.411	318.067.394	316.955.089	316.594.863	316.222.346
BK ₁₀₀ N300	[€]	317.036.400	316.422.825	316.091.908	316.511.345	317.018.200	317.672.455	317.036.400	316.422.825	316.091.908	316.511.345	317.018.200	317.672.455	317.036.400	316.422.825	316.091.908
Gesamtes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																
Bundesautobahnen: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen																

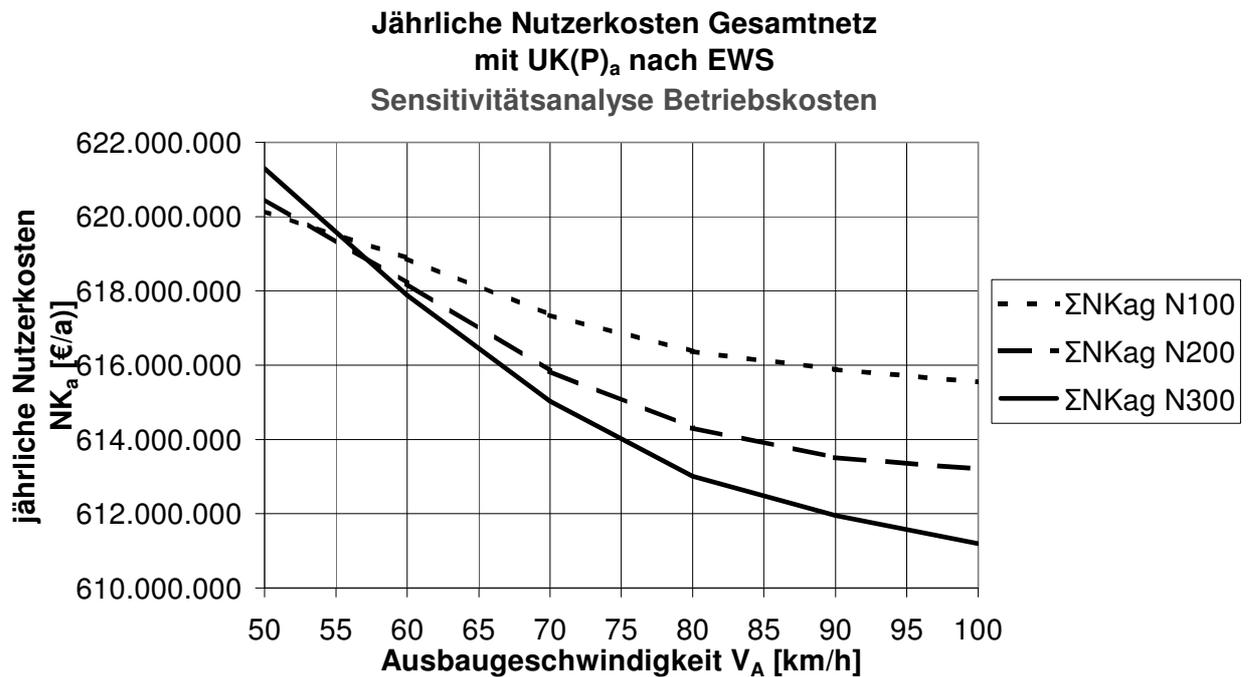
Jährliche Betriebskosten Gesamtnetz Sensitivitätsanalyse Betriebskosten



20.3 EWS

20.3.1 Summe Nutzerkosten

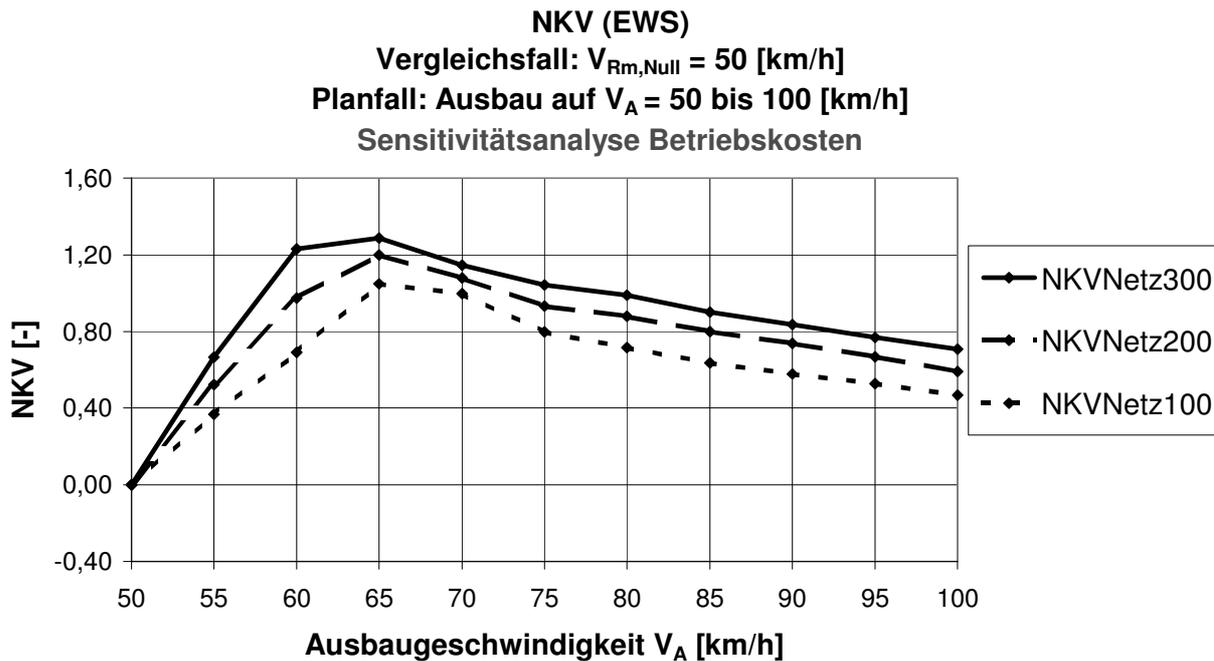
Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	$\Sigma Bkag$ N100	[€/a]	316.772.806	316.680.141	316.430.765	316.607.259	317.338.527	318.067.483
Betriebskosten N200	$\Sigma Bkag$ N200	[€/a]	316.955.089	316.594.883	316.222.346	316.435.263	317.255.411	318.081.394
Betriebskosten N300	$\Sigma Bkag$ N300	[€/a]	317.036.400	316.422.825	316.091.908	316.511.345	317.018.200	317.672.455
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)ag$ N100	[€/a]	71.127.650	70.823.075	70.553.808	70.374.504	70.005.892	69.941.038
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)ag$ N200	[€/a]	70.830.362	70.545.754	70.234.996	70.041.448	69.720.954	69.718.190
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)ag$ N300	[€/a]	70.748.806	70.438.830	70.059.577	69.711.919	69.655.389	69.645.065
Zeitkosten N100	$\Sigma TKag$ N100	[€/a]	232.245.705	231.379.322	230.365.815	229.389.879	228.539.801	227.537.274
Zeitkosten N200	$\Sigma TKag$ N200	[€/a]	232.699.965	231.067.784	229.381.603	227.841.291	226.530.833	225.409.887
Zeitkosten N300	$\Sigma TKag$ N300	[€/a]	233.507.775	231.028.592	228.874.436	226.787.280	225.272.985	223.879.192
Nutzerkosten N100	$\Sigma NKag$ N100	[€/a]	620.146.161	618.882.538	617.350.388	616.371.642	615.884.220	615.545.795
Nutzerkosten N200	$\Sigma NKag$ N200	[€/a]	620.485.415	618.208.421	615.838.945	614.318.002	613.507.198	613.209.470
Nutzerkosten N300	$\Sigma NKag$ N300	[€/a]	621.292.981	617.890.247	615.025.922	613.010.544	611.946.574	611.196.712



20.3.2 NKV(EWS)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Nutzerkosten	620.146,161	619.514,349	618.882,538	618.116,463	617.350,388	616.861,015	616.371,642	616.127,931	615.884,220	615.715,007	615.545,795
Delta Nutzerkosten	0	631.812	1.263.623	2.029.698	2.795.773	3.285.146	3.774.519	4.018.230	4.261.941	4.431.154	4.600.366
nStrN N200											
jährliche Nutzerkosten	620.465,415	619.346,918	618.208,421	617.023,663	615.838,945	615.078,474	614.318,002	613.912,600	613.507,198	613.358,334	613.209,470
Delta Nutzerkosten	0	1.138,497	2.276,994	3.461,732	4.646,470	5.406,941	6.167,413	6.572,815	6.978,217	7.127,081	7.275,944
nStrN N300											
jährliche Nutzerkosten	621.292,981	619.591,614	617.890,247	616.458,084	615.025,922	614.018,233	613.010,544	612.478,559	611.946,574	611.571,643	611.196,712
Delta Nutzerkosten	0	1.701,367	3.402,734	4.834,897	6.267,059	7.274,748	8.282,437	8.814,422	9.346,407	9.721,338	10.096,269
jährliche Baukosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Baukosten	1.611,253	1.718,935	1.826,617	1.934,299	2.801,112	4.119,291	5.272,255	6.315,075	7.357,895	8.400,715	9.823,276
jährliche Baukosten	2.017,316	2.176,338	2.335,359	2.885,343	4.305,689	5.806,669	7.020,465	8.234,261	9.448,057	10.661,853	12.298,907
jährliche Baukosten	2.340,345	2.552,908	2.765,471	3.755,990	5.462,830	6.983,155	8.379,135	9.775,115	11.171,096	12.654,291	14.268,308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz100}$	0,00	0,37	0,69	1,05	1,00	0,80	0,72	0,64	0,58	0,53	0,47
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz200}$	0,00	0,52	0,98	1,20	1,08	0,93	0,88	0,80	0,74	0,67	0,59
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz300}$	0,00	0,67	1,23	1,29	1,15	1,04	0,99	0,90	0,84	0,77	0,71

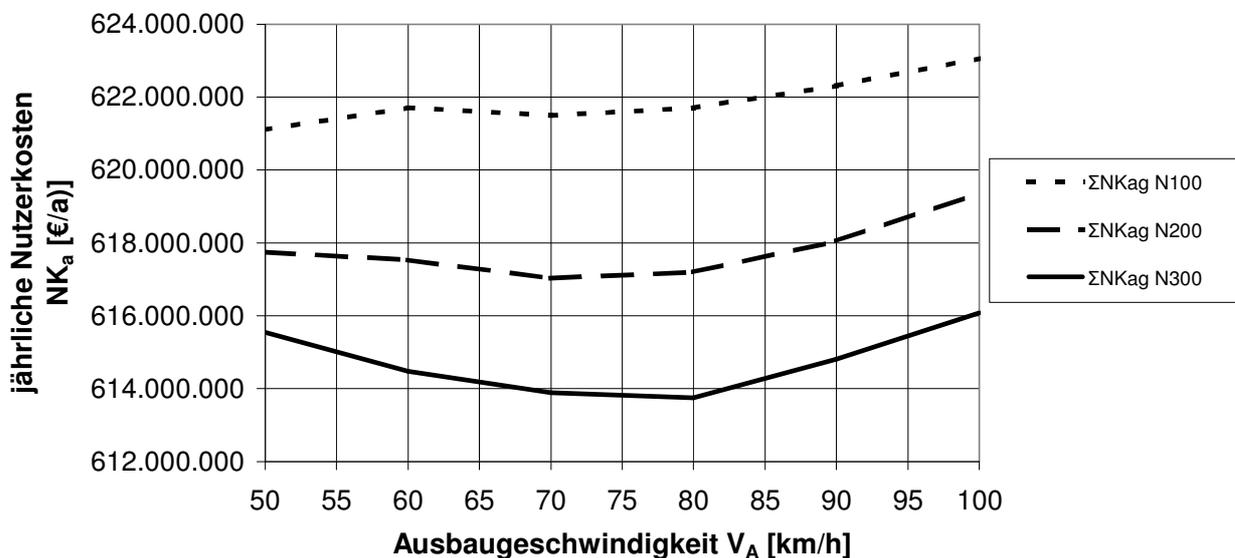


20.4 TAYLOR

20.4.1 Summe Nutzerkosten

Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	$\Sigma Bkag$ N100	[€/a]	316.772.806	316.680.141	316.430.765	316.607.259	317.338.527	318.067.483
Betriebskosten N200	$\Sigma Bkag$ N200	[€/a]	316.955.089	316.594.883	316.222.346	316.435.263	317.255.411	318.081.394
Betriebskosten N300	$\Sigma Bkag$ N300	[€/a]	317.036.400	316.422.825	316.091.908	316.511.345	317.018.200	317.672.455
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)ag$ N100	[€/a]	72.076.208	73.657.602	74.698.700	75.708.115	76.434.111	77.463.259
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)ag$ N200	[€/a]	68.088.467	69.868.534	71.422.835	72.922.148	74.265.785	75.877.379
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)ag$ N300	[€/a]	64.998.438	67.022.150	68.924.375	70.450.225	72.510.624	74.530.006
Zeitkosten N100	$\Sigma TKag$ N100	[€/a]	232.245.705	231.379.322	230.365.815	229.389.879	228.539.801	227.537.274
Zeitkosten N200	$\Sigma TKag$ N200	[€/a]	232.699.965	231.067.784	229.381.603	227.841.291	226.530.833	225.409.887
Zeitkosten N300	$\Sigma TKag$ N300	[€/a]	233.507.775	231.028.592	228.874.436	226.787.280	225.272.985	223.879.192
Nutzerkosten N100	$\Sigma NKag$ N100	[€/a]	621.094.719	621.717.065	621.495.281	621.705.253	622.312.439	623.068.016
Nutzerkosten N200	$\Sigma NKag$ N200	[€/a]	617.743.520	617.531.201	617.026.784	617.198.702	618.052.028	619.368.659
Nutzerkosten N300	$\Sigma NKag$ N300	[€/a]	615.542.613	614.473.567	613.890.719	613.748.850	614.801.809	616.081.653

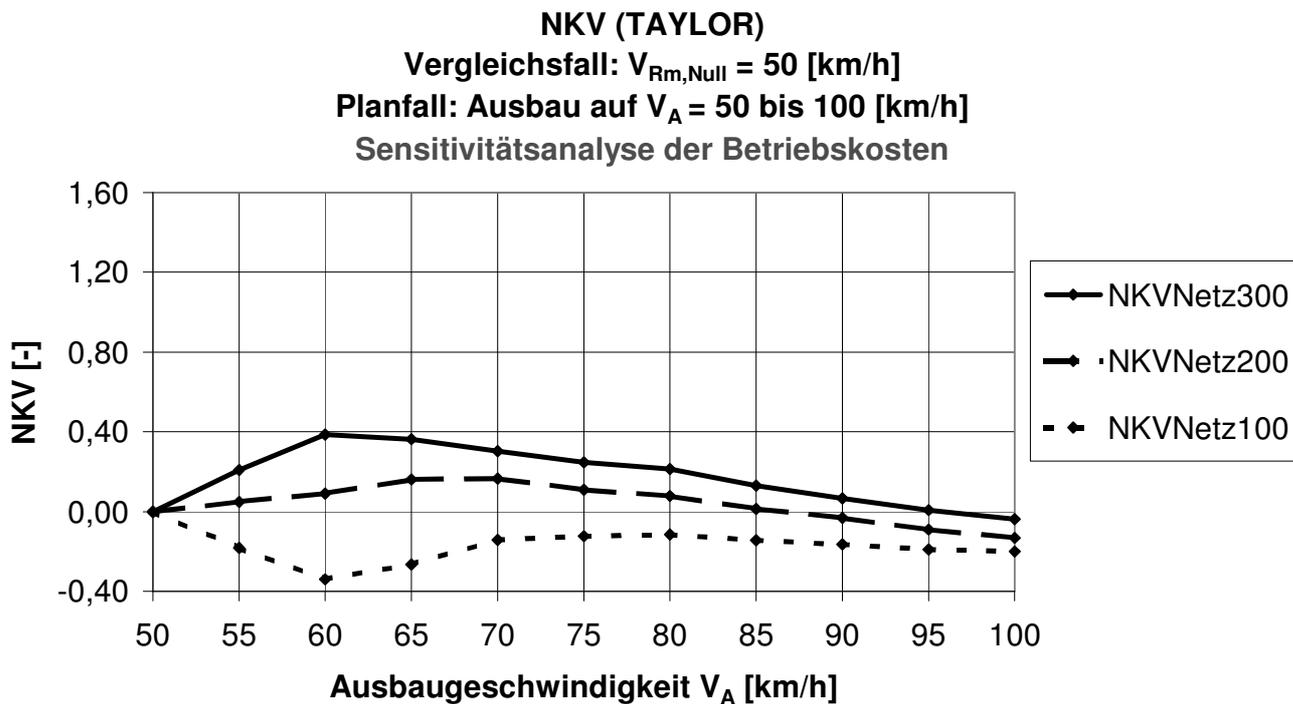
**Jährliche Nutzerkosten Gesamtnetz
 mit UK(P)a nach TAYLOR
 Sensitivitätsanalyse der Betriebskosten**



20.4.2 NKV(TAYLOR)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]												
jährliche Nutzerkosten	ΣNK _n Netz100	621.094.719	621.405.992	621.717.065	621.606.173	621.495.281	621.600.267	621.705.253	622.008.846	622.312.439	622.690.228	623.068.016
Delta Nutzerkosten	0	-311.173	-622.346	-511.454	-400.551	-505.547	-610.534	-914.127	-1.217.719	-1.595.508	-1.973.297	
nStrN N200	ΣNK _n Netz200	617.743.520	617.637.361	617.531.201	617.278.993	617.026.784	617.112.743	617.198.702	617.625.365	618.052.028	618.710.344	619.368.659
Delta Nutzerkosten	0	106.159	212.318	464.527	716.736	630.777	544.817	118.154	-308.509	-966.824	-1.625.139	
nStrN N300	ΣNK _n Netz300	615.542.613	615.008.090	614.473.567	614.182.143	613.890.719	613.819.785	613.748.850	614.275.330	614.801.809	615.441.731	616.081.653
Delta Nutzerkosten	0	534.523	1.069.045	1.360.469	1.651.893	1.722.828	1.793.762	1.267.283	740.804	100.882	-539.041	
jährliche Baulastträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]												
jährliche Baukosten	ΣK _b Netz100	1.611.253	1.718.935	1.826.617	1.934.299	2.001.112	4.119.291	5.272.255	6.315.075	7.367.895	8.400.715	9.823.276
jährliche Baukosten	ΣK _b Netz200	2.017.316	2.176.338	2.335.359	2.885.343	4.305.669	5.806.669	7.020.465	8.234.261	9.448.057	10.661.853	12.298.907
jährliche Baukosten	ΣK _b Netz300	2.340.345	2.552.908	2.765.471	3.755.990	5.462.830	6.983.155	8.379.135	9.775.115	11.171.096	12.654.291	14.268.308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]												
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz100}	0,00	-0,18	-0,34	-0,26	-0,14	-0,12	-0,12	-0,14	-0,17	-0,19	-0,20	
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz200}	0,00	0,05	0,09	0,16	0,17	0,11	0,08	0,01	-0,03	-0,09	-0,13	
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz300}	0,00	0,21	0,39	0,36	0,30	0,25	0,21	0,13	0,07	0,01	-0,04	



21 Sensitivitätsanalyse Zeitkosten

21.1 Jährliche Zeitkosten

			Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L							
Innenortnetz	Umlagegruppeneigenschaft	Ausbaugeschwindigkeit V_a	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
		IS/N N100	$V_{a,N100}$	[m/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	48	48
IS/N N200	$V_{a,N200}$	[m/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	48	48	48	
IS/N N300	$V_{a,N300}$	[m/h]	46	46	46	46	46	46	48	48	48	47	48	48	
IS/N N100	FZ/N100	[10 ³ krz/h]sk	26,9	28,8	28,6	29,5	28,2	28,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	
IS/N N200	FZ/N200	[10 ³ krz/h]sk	28,8	28,7	28,5	29,4	28,0	27,9	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	
IS/N N300	FZ/N300	[10 ³ krz/h]sk	28,8	28,7	28,5	29,0	27,8	27,7	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	
	Zelkostensatz VF_{ZC}	[€/krz/h]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
	Zelkosten N100	$TK_{w,N100}$	[€a]	26.364.731	26.235.268	26.113.632	26.010.206	25.705.653	25.575.342	15.404.023	15.340.118	15.115.097	14.706.757	14.716.787	14.715.642
	Zelkosten N200	$TK_{w,N200}$	[€a]	26.314.242	26.163.545	26.033.090	25.902.590	25.572.663	25.429.434	15.374.506	15.259.382	14.984.651	14.484.086	14.461.613	14.450.041
	Zelkosten N300	$TK_{w,N300}$	[€a]	26.344.756	26.148.805	25.969.225	25.566.950	25.404.803	25.297.885	15.384.353	15.253.533	14.907.722	14.342.829	14.322.153	14.307.108

Innenortnetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen

$TK_{w,N100}$	41.768.754	41.575.386	41.228.729	40.716.963	40.422.440	40.290.984
$TK_{w,N200}$	41.680.750	41.422.927	41.017.741	40.366.666	40.034.296	39.679.475
$TK_{w,N300}$	41.729.109	41.402.438	40.676.947	39.909.779	39.726.955	39.604.993

			Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L							
nachgeordnetes Straßennetz	Umlagegruppeneigenschaft	Ausbaugeschwindigkeit V_a	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
		nS/N N100	$V_{a,N100}$	[m/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90
nS/N N200	$V_{a,N200}$	[m/h]	50	60	69	79	80	99	50	60	70	80	80	80	
nS/N N300	$V_{a,N300}$	[m/h]	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
nS/N N100	FZ/nN100	[10 ³ krz/h]sk	1,4	2,1	2,3	2,3	3,0	3,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	
nS/N N200	FZ/nN200	[10 ³ krz/h]sk	2,6	2,7	2,9	2,9	3,5	3,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	
nS/N N300	FZ/nN300	[10 ³ krz/h]sk	3,1	2,8	3,1	3,2	3,1	3,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	
	Zelkostensatz VF_{ZC}	[€/krz/h]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
	Zelkosten N100	$TK_{w,nN100}$	[€a]	1.314.293	1.686.521	2.069.779	2.110.403	2.763.504	2.731.743	670.355	1.067.001	1.752.261	2.464.604	2.433.552	2.419.939
	Zelkosten N200	$TK_{w,nN200}$	[€a]	2.329.161	2.499.022	2.641.991	2.636.519	3.172.224	3.141.933	1.046.706	1.371.051	1.908.908	2.667.531	2.651.504	2.639.577
	Zelkosten N300	$TK_{w,nN300}$	[€a]	2.803.543	2.689.060	2.800.675	2.903.999	2.607.677	2.650.630	1.378.953	1.587.296	2.022.700	2.538.290	2.509.896	2.496.711

nachgeordnetes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen

$TK_{w,nN100}$	1.984.848	2.975.522	3.822.060	4.585.007	5.197.056	5.151.683
$TK_{w,nN200}$	3.375.865	3.670.074	4.530.867	5.306.050	5.623.728	5.781.169
$TK_{w,nN300}$	4.162.496	4.276.356	4.823.375	5.442.290	5.317.573	5.347.341

			Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L							
übergeordnetes Straßennetz	Umlagegruppeneigenschaft	Ausbaugeschwindigkeit V_a	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
		US/N N100	$V_{a,N100}$	[m/h]	76	77	77	77	77	77	79	79	79	78	78
US/N N200	$V_{a,N200}$	[m/h]	77	78	78	79	80	80	79	80	80	80	80	80	
US/N N300	$V_{a,N300}$	[m/h]	76	78	79	80	81	83	79	80	80	80	80	80	
US/N N100	FZ/uN100	[10 ³ krz/h]sk	19,2	18,4	18,0	17,8	17,1	16,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	
US/N N200	FZ/uN200	[10 ³ krz/h]sk	18,2	17,6	17,1	16,8	16,1	15,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	
US/N N300	FZ/uN300	[10 ³ krz/h]sk	18,0	17,4	16,7	16,4	16,0	15,7	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
	Zelkostensatz VF_{ZC}	[€/krz/h]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
	Zelkosten N100	$TK_{w,uN100}$	[€a]	17.500.494	16.706.618	16.417.535	16.206.518	15.500.610	15.454.354	14.781.248	14.308.544	14.027.636	13.604.008	13.609.416	13.304.135
	Zelkosten N200	$TK_{w,uN200}$	[€a]	16.633.685	16.087.772	15.574.064	15.293.296	14.675.841	14.472.229	14.410.788	14.170.675	13.905.888	13.379.213	13.322.044	13.335.417
	Zelkosten N300	$TK_{w,uN300}$	[€a]	16.397.655	15.696.789	15.257.660	14.926.521	14.629.036	14.282.016	14.251.445	14.018.116	13.609.780	13.615.307	13.629.497	13.626.628

übergeordnetes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen

$TK_{w,uN100}$	32.281.732	31.175.162	30.445.171	29.810.525	29.170.026	28.758.489
$TK_{w,uN200}$	31.044.473	30.298.447	29.479.957	28.672.474	27.967.666	27.807.646
$TK_{w,uN300}$	30.649.100	29.914.915	28.867.441	28.541.828	28.258.533	27.906.644

			Fahrzeuggruppe P					Fahrzeuggruppe L							
BAB	Umlagegruppeneigenschaft	Ausbaugeschwindigkeit V_a	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	
		BAB S/n N100	$V_{a,S/n,N100}$	[m/h]	103	103	103	103	103	103	80	80	80	80	80
BAB S/n N200	$V_{a,S/n,N200}$	[m/h]	103	103	103	103	104	104	80	80	80	80	80	80	
BAB S/n N300	$V_{a,S/n,N300}$	[m/h]	103	103	103	103	103	104	80	80	80	80	80	80	
BAB S/n N100	FZ _u nN100	[10 ³ krz/h]sk	22,3	22,2	22,2	22,1	22,1	22,0	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	
BAB S/n N200	FZ _u nN200	[10 ³ krz/h]sk	22,3	22,2	22,1	22,0	21,9	21,7	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	
BAB S/n N300	FZ _u nN300	[10 ³ krz/h]sk	22,3	22,2	22,1	22,1	21,9	21,7	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	
	Zelkostensatz VF_{ZC}	[€/krz/h]	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
	Zelkosten N100	$TK_{w,BAB,N100}$	[€a]	20.305.678	20.278.001	20.249.795	20.210.610	20.136.107	20.091.258	57.322.230	57.149.160	56.789.171	56.611.489	56.615.123	56.621.621
	Zelkosten N200	$TK_{w,BAB,N200}$	[€a]	20.355.018	20.280.831	20.209.007	20.095.987	19.957.531	19.834.733	57.477.331	57.198.101	56.794.384	56.663.689	56.663.456	56.653.277
	Zelkosten N300	$TK_{w,BAB,N300}$	[€a]	20.360.482	20.265.314	20.210.054	20.137.828	20.016.628	19.904.059	57.498.865	57.169.477	57.011.481	56.513.187	56.523.523	56.532.646

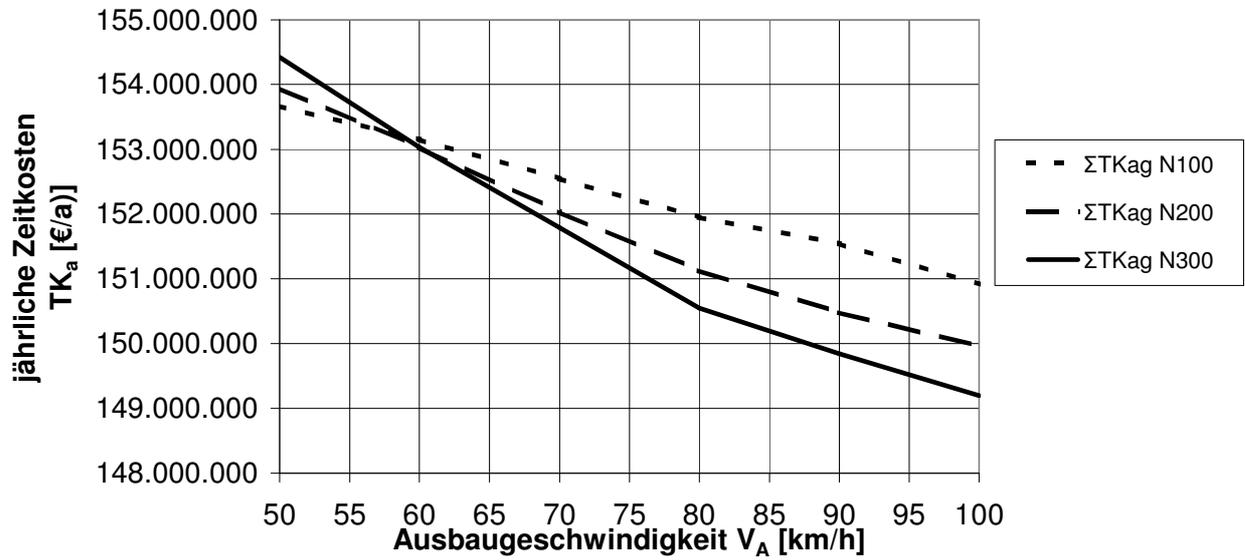
Bundesaufbahnen: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen

$TK_{w,BAB,N100}$	77.628.106	77.427.161	77.048.965	76.822.099	76.751.230	76.712.679
$TK_{w,BAB,N200}$	77.832.349	77.478.931	77.003.391	76.759.675	76.620.988	76.486.011
$TK_{w,BAB,N300}$	77.859.346	77.434.791	77.221.535	76.651.025	76.540.151	76.326.705

Oessertes Straßennetz: Summe aller betrachteten Fahrzeuggruppen

$TK_{w,og,N100}$	153.663.242	153.153.232	152.544.925	151.944.534	151.540.752	150.914.035
$TK_{w,og,N200}$	153.941.437	153.030.380	152.031.952	151.124.870	150.476.897	149.956.300
$TK_{w,og,N300}$	154.420.052	153.028.499	151.789.298	150.544.922	149.643.212	149.197.683

Jährliche Zeitkosten Gesamtnetz
50% reduzierte Kostensätze des MIV im außerorts und innerorts Netz
Sensitivitätsanalyse Zeitkosten

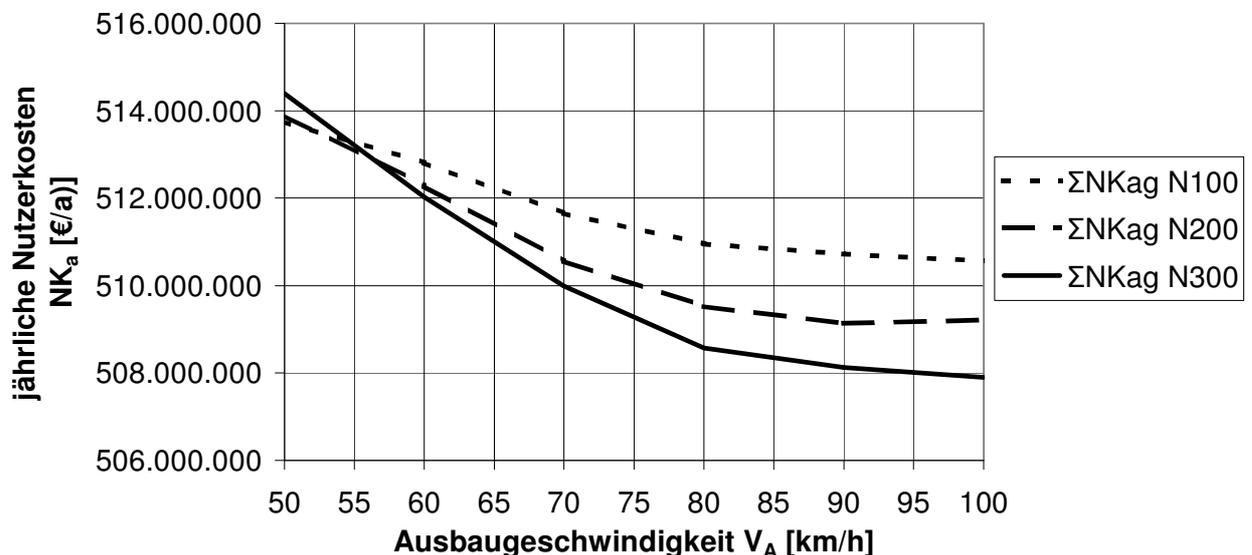


21.2 EWS

21.2.1 Summe Nutzerkosten

Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	$\Sigma Bkag$ N100	[€/a]	288.960.712	288.830.601	288.554.744	288.632.231	289.171.736	289.701.868
Betriebskosten N200	$\Sigma Bkag$ N200	[€/a]	289.120.564	288.718.414	288.291.435	288.356.702	288.936.622	289.537.162
Betriebskosten N300	$\Sigma Bkag$ N300	[€/a]	289.231.600	288.562.817	288.135.088	288.318.108	288.626.594	289.056.735
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)ag$ N100	[€/a]	71.127.650	70.823.075	70.553.808	70.374.504	70.005.892	69.941.038
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)ag$ N200	[€/a]	70.830.362	70.545.754	70.234.996	70.041.448	69.720.954	69.718.190
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)ag$ N300	[€/a]	70.748.806	70.438.830	70.059.577	69.711.919	69.655.389	69.645.065
Zeitkosten N100	$\Sigma TKag$ N100	[€/a]	153.663.242	153.153.232	152.544.925	151.944.594	151.540.752	150.914.035
Zeitkosten N200	$\Sigma TKag$ N200	[€/a]	153.941.437	153.030.380	152.031.952	151.124.870	150.476.897	149.956.300
Zeitkosten N300	$\Sigma TKag$ N300	[€/a]	154.420.052	153.028.499	151.789.298	150.544.922	149.843.212	149.197.683
Nutzerkosten N100	$\Sigma NKag$ N100	[€/a]	513.751.604	512.806.908	511.653.477	510.951.330	510.718.381	510.556.941
Nutzerkosten N200	$\Sigma NKag$ N200	[€/a]	513.892.363	512.294.548	510.558.383	509.523.020	509.134.473	509.211.652
Nutzerkosten N300	$\Sigma NKag$ N300	[€/a]	514.400.458	512.030.146	509.983.963	508.574.950	508.125.195	507.899.483

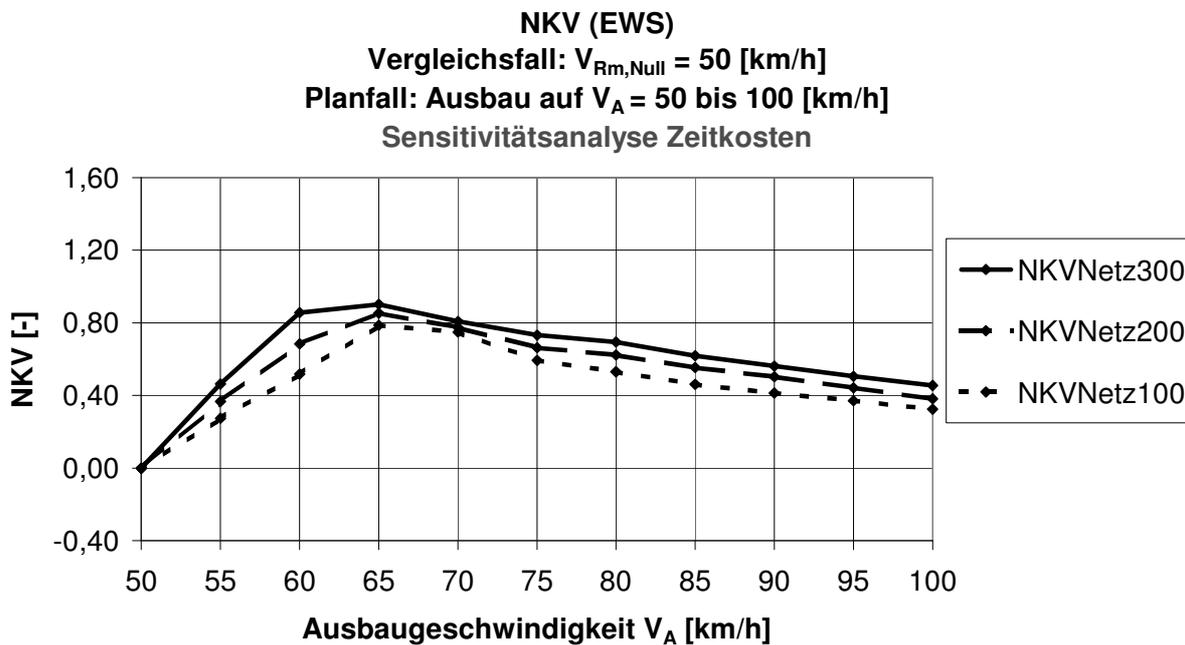
**Jährliche Nutzerkosten Gesamtnetz
 mit $UK(P)_a$ nach EWS
 Sensitivitätsanalyse Zeitkosten**



21.2.2 NKV(EWS)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Baukosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jährliche Baukosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Delta Nutzerkosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nStrN N200	513.892.363	513.093.455	512.294.548	511.426.465	510.558.383	510.040.701	509.523.020	508.328.747	509.134.473	509.173.062	509.211.652
Delta Nutzerkosten	0	798.908	1.597.815	2.485.898	3.333.980	3.851.661	4.369.343	4.563.616	4.757.890	4.719.300	4.680.711
nStrN N300	514.400.458	513.215.302	512.030.146	511.007.055	509.983.963	509.279.456	508.574.950	508.360.072	508.125.195	508.012.339	507.899.483
Delta Nutzerkosten	0	1.185.156	2.370.312	3.393.403	4.416.495	5.121.002	5.825.508	6.050.386	6.275.263	6.388.119	6.500.975
jährliche Baulastträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Baukosten	1.611.253	1.718.935	1.826.617	1.934.299	2.801.112	4.119.291	5.272.255	6.315.075	7.357.895	8.400.715	9.823.276
jährliche Baukosten	2.017.316	2.176.338	2.335.359	2.885.343	4.305.689	5.806.669	7.020.465	8.234.261	9.448.057	10.661.853	12.298.907
jährliche Baukosten	2.340.345	2.552.908	2.765.471	3.755.990	5.462.830	6.983.155	8.379.135	9.775.115	11.171.096	12.654.291	14.268.308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz100}$	0,00	0,27	0,52	0,79	0,75	0,59	0,53	0,46	0,41	0,37	0,33
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz200}$	0,00	0,37	0,68	0,85	0,77	0,66	0,62	0,55	0,50	0,44	0,38
Nutzen-Kosten-Verhältnis $NKV_{Netz300}$	0,00	0,46	0,86	0,90	0,81	0,73	0,70	0,62	0,56	0,50	0,46

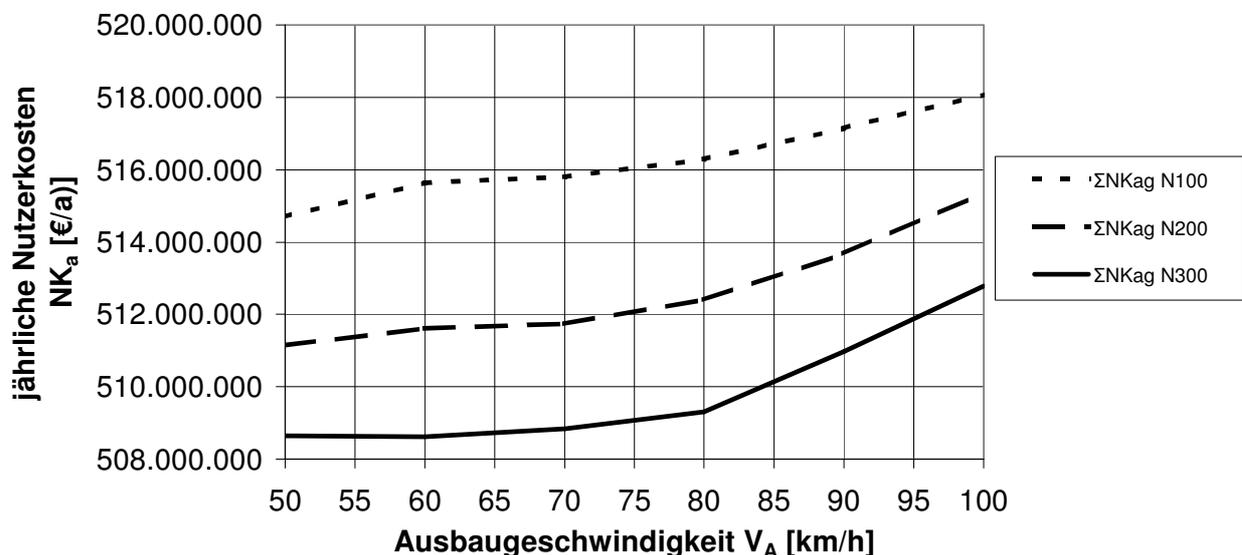


21.3 TAYLOR

21.3.1 Summe Nutzerkosten

Ausbaugeschwindigkeit	V_A	[km/h]	50	60	70	80	90	100
Betriebskosten N100	$\Sigma Bkag$ N100	[€/a]	288.960.712	288.830.601	288.554.744	288.632.231	289.171.736	289.701.868
Betriebskosten N200	$\Sigma Bkag$ N200	[€/a]	289.120.564	288.718.414	288.291.435	288.356.702	288.936.622	289.537.162
Betriebskosten N300	$\Sigma Bkag$ N300	[€/a]	289.231.600	288.562.817	288.135.088	288.318.108	288.626.594	289.056.735
Unfallkosten N100	$\Sigma UK(P)ag$ N100	[€/a]	72.076.208	73.657.602	74.698.700	75.708.115	76.434.111	77.463.259
Unfallkosten N200	$\Sigma UK(P)ag$ N200	[€/a]	68.088.467	69.868.534	71.422.835	72.922.148	74.265.785	75.877.379
Unfallkosten N300	$\Sigma UK(P)ag$ N300	[€/a]	64.998.438	67.022.150	68.924.375	70.450.225	72.510.624	74.530.006
Zeitkosten N100	$\Sigma TKag$ N100	[€/a]	153.663.242	153.153.232	152.544.925	151.944.594	151.540.752	150.914.035
Zeitkosten N200	$\Sigma TKag$ N200	[€/a]	153.941.437	153.030.380	152.031.952	151.124.870	150.476.897	149.956.300
Zeitkosten N300	$\Sigma TKag$ N300	[€/a]	154.420.052	153.028.499	151.789.298	150.544.922	149.843.212	149.197.683
Nutzerkosten N100	$\Sigma NKag$ N100	[€/a]	514.700.163	515.641.436	515.798.370	516.284.941	517.146.599	518.079.163
Nutzerkosten N200	$\Sigma NKag$ N200	[€/a]	511.150.468	511.617.328	511.746.221	512.403.720	513.679.303	515.370.841
Nutzerkosten N300	$\Sigma NKag$ N300	[€/a]	508.650.089	508.613.466	508.848.761	509.313.256	510.980.430	512.784.425

**Jährliche Nutzerkosten Gesamtnetz
mit $UK(P)_a$ nach TAYLOR
Sensitivitätsanalyse Zeitkosten**

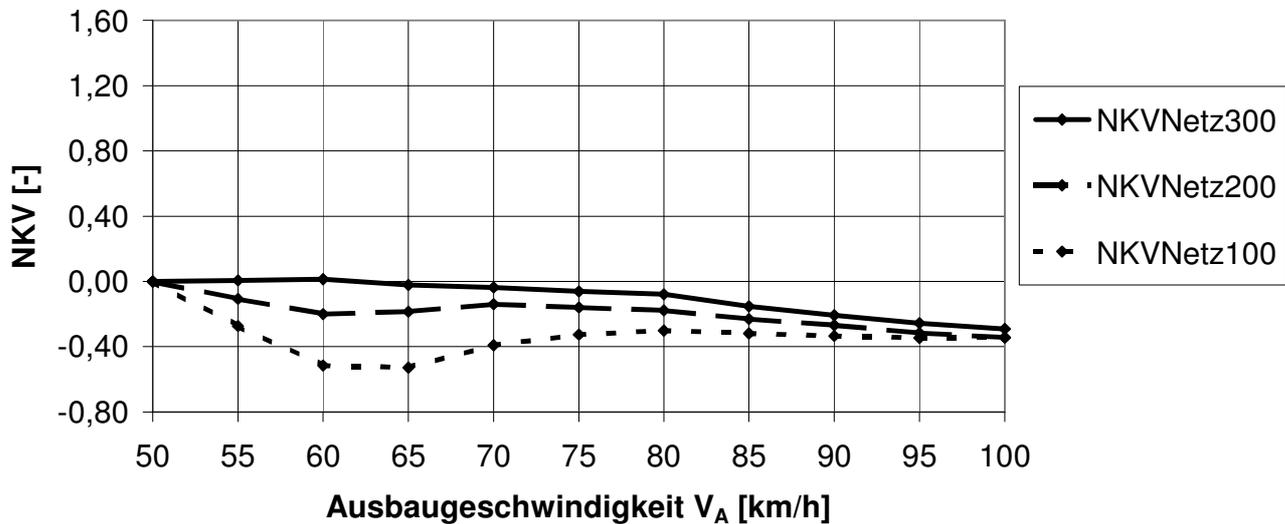


21.3.2 NKV(TAYLOR)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
ΣNK _{A,Netz100}	514.700,163	515.170,799	515.641,436	515.719,903	515.798,370	516.041,655	516.284,941	516.715,770	517.146,599	517.612,881	518.079,163
Delta Nutzerkosten	0	-470,636	-941,273	-1.019,740	-1.098,207	-1.341,493	-1.584,778	-2.015,608	-2.446,437	-2.912,719	-3.379,000
nStrN N200	511.150,468	511.383,898	511.617,328	511.681,775	511.746,221	512.074,971	512.403,720	513.041,512	513.679,303	514.525,072	515.370,841
Delta Nutzerkosten	0	-233,430	-466,860	-531,307	-595,754	-924,503	-1.253,252	-1.891,044	-2.528,836	-3.374,604	-4.220,373
nStrN N300	508.650,069	508.631,778	508.613,466	508.731,113	508.848,761	509.081,008	509.313,256	510.146,843	510.980,430	511.882,427	512.784,425
Delta Nutzerkosten	0	18,312	36,623	-81,024	-198,671	-430,919	-663,166	-1.496,754	-2.330,341	-3.232,338	-4.134,335
jährliche Bauasträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
ΣK _{A,Netz100}	1.611,253	1.718,935	1.826,617	1.934,299	2.801,112	4.119,291	5.272,255	6.315,075	7.357,895	8.400,715	9.823,276
ΣK _{A,Netz200}	2.017,316	2.176,338	2.335,359	2.885,343	4.305,689	5.806,669	7.020,465	8.234,261	9.448,057	10.661,853	12.298,907
ΣK _{A,Netz300}	2.340,345	2.552,908	2.765,471	3.755,990	5.462,830	6.983,155	8.379,135	9.775,115	11.171,096	12.654,291	14.268,308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz100}	0,00	-0,27	-0,52	-0,53	-0,39	-0,33	-0,30	-0,32	-0,33	-0,35	-0,34
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz200}	0,00	-0,11	-0,20	-0,18	-0,14	-0,16	-0,18	-0,23	-0,27	-0,32	-0,34
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz300}	0,00	0,01	0,01	-0,02	-0,04	-0,06	-0,08	-0,15	-0,21	-0,26	-0,29

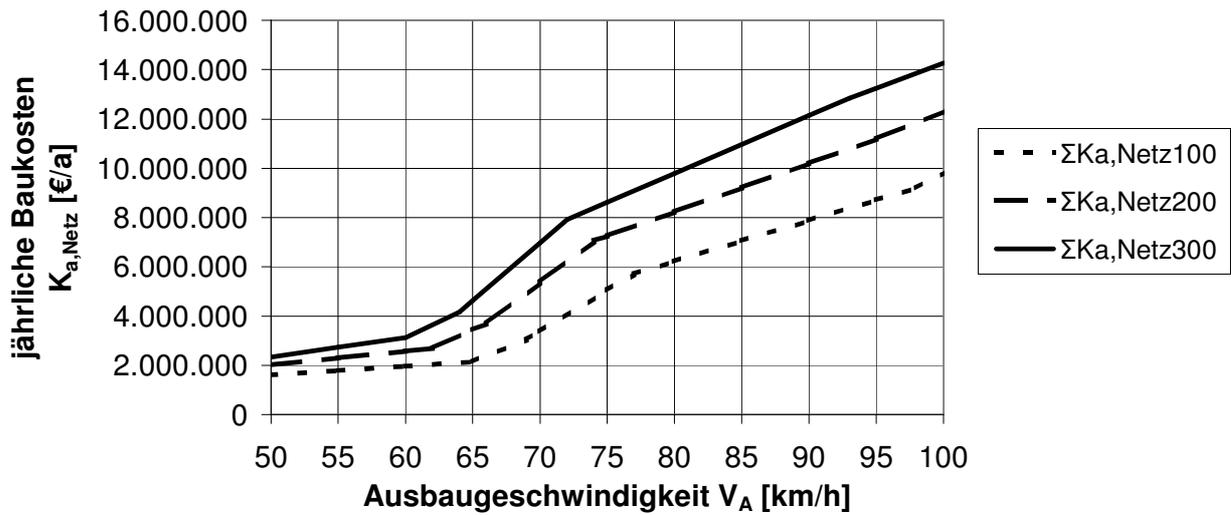
NKV (TAYLOR)
Vergleichsfall: $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]
Sensitivitätsanalyse Zeitkosten



22 Sensitivitätsanalyse Baukosten

22.1 Jährliche Baukosten

**jährliche Baukosten $K_{a,Netz}$
in den nachgeordneten Straßennetzteilen
bei unterschiedlichen Ausbaugeschwindigkeiten V_A**



Berechnung der jährlichen Baukosten $K_{a,Netz}$ für alle nachgeordneten Straßennetze

		nachgeordnetes Straßennetz N100											
		50	55	60	65	69	70	75	80	85	90	95	100
Ausbaugeschwindigkeit	V_A [km/h]	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179	230,179
Straßenlänge	L [km]	100%	94%	6%	13,8107	36,8286	16%	46%	105,8823	195,6522	15%	8%	
Längenpercentil	LC [%]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Ausbauanteil an L	L_A [%]	0,0000	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	
Investitionskosten	K_I [€/(km*a)]	0	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	
jährliche Investitionskosten	$K_{Ia,Netz}$ [€/a]	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	
Laufende Kosten	K_{La} [€/km*a)]	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	1,611,253	
jährliche laufende Kosten	$K_{La,Netz}$ [€/a]	1,611,253	1,789,775	1,968,297	2,146,820	3,039,431	3,374,160	5,047,806	5,717,264	7,043,429	8,701,136	9,198,448	
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz100}$ [€/a]												

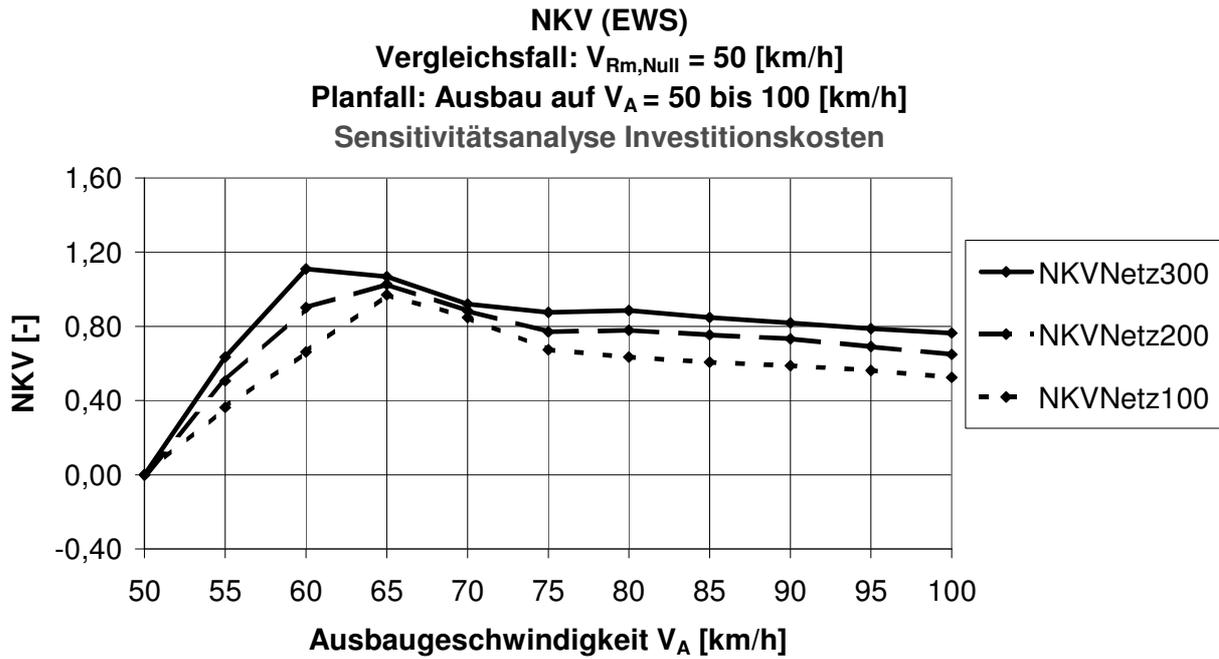
		nachgeordnetes Straßennetz N200												
		50	55	60	62	65	66	70	74	80	85	90	95	100
Ausbaugeschwindigkeit	V_A [km/h]	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188	288,188
Straßenlänge	L [km]	100%	94%	6%	17,2913	43,2282	15%	45%	129,6846	236,3142	18%	8%		
Längenpercentil	LC [%]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Ausbauanteil an L	L_A [%]	0,0000	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	
Investitionskosten	K_I [€/(km*a)]	0	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	
jährliche Investitionskosten	$K_{Ia,Netz}$ [€/a]	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	2,017,316	
Laufende Kosten	K_{La} [€/km*a)]	2,017,316	2,296,707	2,576,098	2,687,855	3,442,210	3,693,662	5,370,009	7,243,259	8,227,780	9,212,301	10,196,822	11,181,343	
jährliche laufende Kosten	$K_{La,Netz}$ [€/a]	2,017,316	2,296,707	2,576,098	2,687,855	3,442,210	3,693,662	5,370,009	7,243,259	8,227,780	9,212,301	10,196,822	11,181,343	
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz200}$ [€/a]													

		nachgeordnetes Straßennetz N300												
		50	55	60	64	65	70	72	75	80	85	90	95	100
Ausbaugeschwindigkeit	V_A [km/h]	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335	334,335
Straßenlänge	L [km]	100%	94%	6%	20,0601	46,8069	14%	43%	143,7641	270,8114	19%	8%		
Längenpercentil	LC [%]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Ausbauanteil an L	L_A [%]	0,0000	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	38,779	
Investitionskosten	K_I [€/(km*a)]	0	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	
jährliche Investitionskosten	$K_{Ia,Netz}$ [€/a]	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	2,340,345	
Laufende Kosten	K_{La} [€/km*a)]	2,340,345	2,729,300	3,118,256	4,155,470	4,625,457	6,975,396	7,915,371	8,619,195	9,792,235	10,965,275	12,138,314	13,249,615	
jährliche laufende Kosten	$K_{La,Netz}$ [€/a]	2,340,345	2,729,300	3,118,256	4,155,470	4,625,457	6,975,396	7,915,371	8,619,195	9,792,235	10,965,275	12,138,314	13,249,615	
jährliche Baukosten	$\Sigma K_{a,Netz300}$ [€/a]													

22.1.1 NKV(EWS)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
jährliche Nutzerkosten	592.334.068	591.883.532	591.032.997	590.253.682	589.474.367	588.935.491	588.396.615	588.057.022	587.717.429	587.448.804	587.180.180
Delta Nutzerkosten	0	650.535	1.301.070	2.080.385	2.859.701	3.398.577	3.937.453	4.277.046	4.616.639	4.885.263	5.153.868
jährliche Baulastträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
nStrN IN200	592.650.890	591.491.421	590.331.952	589.119.993	587.908.034	587.073.738	586.239.442	585.713.925	585.188.409	584.926.824	584.665.238
Delta Nutzerkosten	0	1.159.469	2.318.938	3.530.897	4.742.856	5.577.152	6.411.448	6.936.964	7.462.481	7.724.066	7.985.652
nStrN IN300	593.488.181	591.759.210	590.030.239	588.549.670	587.069.101	585.943.204	584.817.308	584.186.138	583.554.968	583.067.980	582.580.992
Delta Nutzerkosten	0	1.728.971	3.457.942	4.938.511	6.419.080	7.544.977	8.670.874	9.302.044	9.933.214	10.420.201	10.907.189
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
jährliche Baukosten	1.611.253	1.789.775	1.968.297	2.146.820	3.374.160	5.047.806	6.214.576	7.043.429	7.872.283	8.701.136	9.823.276
jährliche Baukosten	2.017.316	2.296.707	2.576.098	3.442.210	5.370.009	7.243.259	8.227.780	9.212.301	10.196.822	11.181.343	12.298.907
jährliche Baukosten	2.340.345	2.729.300	3.118.256	4.625.457	6.975.396	8.619.195	9.792.235	10.965.275	12.138.314	13.249.615	14.288.308
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz100}	0,00	0,36	0,66	0,97	0,85	0,67	0,63	0,61	0,59	0,56	0,52
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz200}	0,00	0,50	0,90	1,03	0,88	0,77	0,78	0,75	0,73	0,69	0,65
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz300}	0,00	0,63	1,11	1,07	0,92	0,88	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76

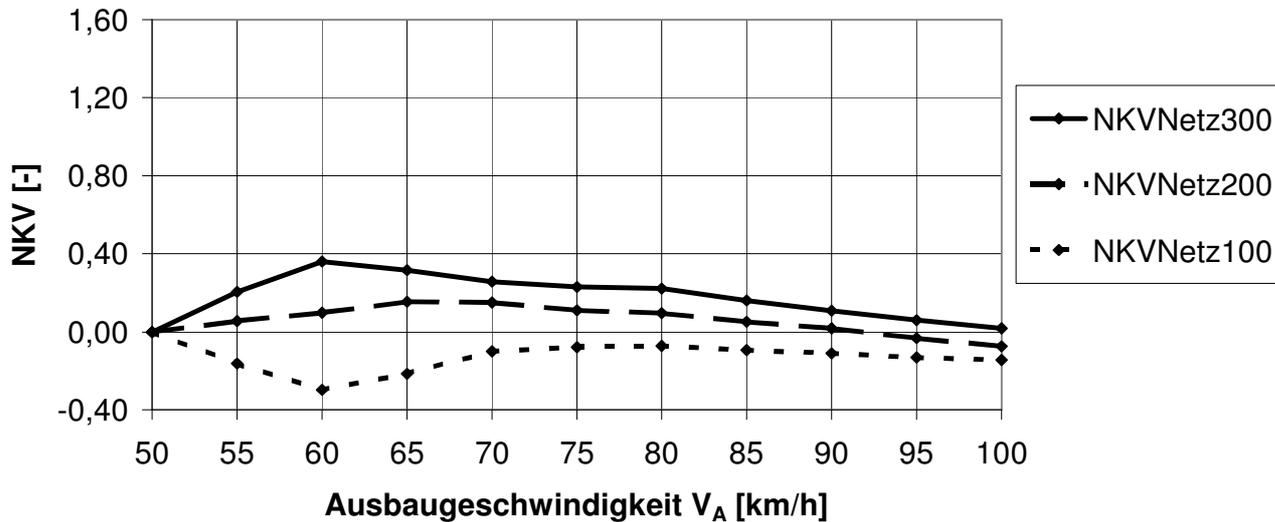


22.1.2 NKV(TAYLOR)

Vergleichsfall $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]

Ausbaugeschwindigkeit V_A	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
jährliche Nutzerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
ΣNK _{A,Netz10t}	593.282.626	593.575.076	593.867.525	593.743.392	593.619.259	593.674.742	593.730.226	593.937.937	594.145.648	594.424.024	594.702.401
Delta Nutzerkosten	0	-292.450	-584.900	-460.767	-336.634	-392.117	-447.600	-655.311	-863.022	-1.141.399	-1.419.775
nStrN N200	589.908.995	589.781.864	589.654.733	589.375.303	589.095.873	589.108.007	589.120.142	589.426.690	589.733.239	590.278.833	590.824.427
Delta Nutzerkosten	0	127.131	254.262	533.692	813.122	800.987	788.653	482.304	175.755	-369.838	-915.432
nStrN N300	587.737.813	587.175.686	586.613.559	586.273.729	585.933.898	585.744.756	585.555.614	585.982.908	586.410.203	586.938.068	587.465.933
Delta Nutzerkosten	0	562.127	1.124.253	1.464.084	1.803.914	1.993.057	2.182.199	1.754.904	1.327.610	799.745	271.880
jährliche Baustraßenträgerkosten für den Ausbau des nStrN [€/a]											
ΣK _{A,Netz100}	1.611.253	1.789.775	1.968.297	2.146.820	3.374.160	5.047.806	6.214.576	7.043.429	7.872.283	8.701.136	9.823.276
ΣK _{A,Netz200}	2.017.316	2.296.707	2.576.098	3.442.210	5.370.009	7.243.259	8.227.780	9.212.301	10.196.822	11.181.343	12.298.907
ΣK _{A,Netz300}	2.340.345	2.729.300	3.118.256	4.625.457	6.975.396	8.619.195	9.792.235	10.965.275	12.138.314	13.249.615	14.268.308
NKV für den Ausbau des tatsächlichen Anteil des nStrN den es betrifft [-]											
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz100}	0,00	-0,16	-0,30	-0,21	-0,10	-0,08	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,14
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz200}	0,00	0,06	0,10	0,16	0,15	0,11	0,10	0,05	0,02	-0,03	-0,07
Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV _{Netz300}	0,00	0,21	0,36	0,32	0,26	0,23	0,22	0,16	0,11	0,06	0,02

NKV (TAYLOR)
Vergleichsfall: $V_{Rm,Null} = 50$ [km/h]
Planfall: Ausbau auf $V_A = 50$ bis 100 [km/h]
Sensitivitätsanalyse Investitionskosten



Literaturverzeichnis

50 Jahre Straßenwesen FGSV 2001:

FGSV (Hrsg.): 50 Jahre Straßenwesen in Deutschland 1949 - 1999. Bonn: Bundesdruckerei (2001).

BARUYA 1997:

Baruaya A.: A Review of Speed-Accident Relationship for European roads. Road Safety Division Department of Transport. Internetdokument (Textdokument). Letzte Aktualisierung 1997. Adresse: <http://virtual.vtt.fi/master/deliver.htm>. Zugriff und Prüfung am 07.03.2006.

BARUYA 1998:

Baruaya A.: Speed-Accident Relationship for European roads. Road Safety Division Department of Transport. Internetdokument (Textdokument). Letzte Aktualisierung 1998. Adresse: <http://virtual.vtt.fi/master/deliver.htm>. Zugriff und Prüfung am 07.03.2006.

BEGRIFFSBESTIMMUNGEN FGSV 2000:

FGSV (Hrsg.): Begriffsbestimmungen. Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb. Köln: FGSV Verlag (2000).

BMVBW 2003:

Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND. Internetdokument (Internetseite). Letzte Aktualisierung Oktober 2003. Adresse: <http://www.mid2002.de/>.

Literaturverzeichnis

BMVBW BBR 2005:

BMVBW und BBR (Hrsg.): Öffentliche Daseinsvorsorge und demographischer Wandel. Bonn: Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (2005).

BMVBW FE-Nr. 26.138/1988:

BMVBW (Hrsg.): Ermittlung des Einflusses spezieller räumlicher Gegebenheiten wie Topographie, Baugrund, Bebauungsdichte u.a. auf die Projektbewertung in der BVWP. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Forschungsbericht FE-Nr. 26.138/1998: (2000).

BOLIK 2004: Bolik H.:

Entwicklung des Straßennetzes im Land Brandenburg - Teil 2. Straßenverkehrstechnik. 48. Heft-Nr.: 2. 78 - 81. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (2004)

BRANNOLTE et al. 1983:

Brannolte U.; Holz S.: Simulation des Verkehrsablaufes auf Landstraßen - Modellerweiterung. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Heft-Nr.: 402. Bonn: Bundesministerium für Verkehr (1983)

BRILON, WEISER 1997:

Brilon W.; Weiser F.: Ermittlung von Q-V-Diagrammen für zweistreifige Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Heft-Nr.: 747. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1997)

BRÜHNING et al. 1988:

Brühning E.; Ernst G.; Schmid M.; Heuser W.: Das Unfallgeschehen bei Nacht. - Unfallhäufigkeit, Unfallrisiko und Unfallstruktur. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft-Nr.: 187. Bergisch Gladbach: (1988)

Literaturverzeichnis

BUSCH, STELLING 1970:

Busch F.; Stelling H.: Zur Aufstellung der Richtlinien für die Gestaltung des Straßennetzes (RAL-N) - Entwurf 1970 -. Strasse und Autobahn. 22. Jahrgang. Heft-Nr.:7 (Sonderheft). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1971)

BVWP 2003:

BMVBW (Hrsg.): Bundesverkehrswegeplan 2003. Grundzüge der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik. Bonn: Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (2002).

CHRISTALLER 1933:

Christaller W.: Die zentralen Orte in Süddeutschland: eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. 2., unveränd. Auflage. Darmstadt: Wiss. Buchges.reprogr. Nachdr. Jena 1933 (1968).

DAVIDSE et al. 2003:

Davidse R.; van Driel C.; Goldenbeld C.: The effect of altered road markings on speed an lateral position. Leidschendam Netherlands: (2003).

DER ELSNER 2006:

Knoll E. (Hrsg.): Der Elsner. Dieburg: Otto Elsner Verlagsgesellschaft (2006).

DFT 2005:

Dft (Hrsg.): Road Casualties Great Britain 2004. National statistics. London: (2005).

Literaturverzeichnis

DIJKSTRA, TWISK 1991:

Dijkstra A.; Twisk D.A.M.: Over beheren en manoeuvreren. Beschouwingen over functie, gebruik en vormgeving van des verkeersinfrastructuur. Leidschendam Netherlands: (1991).

DTLR 2001:

DTLR (Department for Transport Local Government and the Regions Hrsg.): Development of a rural road hierarchy for speed management. Interim Report No. 2. London: (2001).

EWS FGSV 1997:

FGSV (Hrsg.): Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS Aktualisierung des RAS-W 86. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1997).

EWS, Stand und Entwicklung FGSV 2002:

FGSV (Hrsg.): Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. Stand und Entwicklung der EWS. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (2002).

FINCH et. al. 1994:

Finch D.J.; Kompfner P.; Lockwood C.R.; Maycock G.: Speed, Speed limits and Accidents. Project Report 58. Crowthorne: (1994).

FURTH 2004:

Furth K.G.: Einfluss der Beschleunigungscharakteristik auf das Verletzungsrisiko bei der HWS-Beschleunigungsverletzung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm. Ulm: (2004).

Literaturverzeichnis

HARTKOPF 2005:

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Vortrag an der Bauhaus-Universität Weimar am 08.09.2005]

HBS FGSV 2001:

FGSV (Hrsg.): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (2001).

JOKSCH 1993:

Joks H.C.: Velocity Change and Fatality Risk in a Crash-A Rule of Thumb. Accident Analysis and Prevention. Vol. 25, No. 1, West Hartford: (1993).

KLOEDEN et al. 1997:

Kloeden C.N.; McLean J.J.; Moore V.M; Ponte G.: Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement. Internetdokument (Textdokument). Letzte Aktualisierung 1997. Adresse: <http://casr.adelaide.edu.au/speed/SPEED-V1.PDF>. Zugriff und Prüfung am 15.03.2006.

KOCKS 2003:

Kocks M.: Demographischer Wandel und Infrastruktur im ländlichen Raum - von europäischen Erfahrungen lernen?. Der demographische Wandel in Deutschland und Europa. Informationen zur Raumentwicklung. 2003. 12. Bonn: Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (2003)

KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2001:

Krafftahrt-Bundesamt (Hrsg.): Pressebericht 2001. Flensburg: Krafftahrt-Bundesamt (2001).

Literaturverzeichnis

LENSING et al. 2001:

Lensing N.; Mavridis G.; Täubner D.: Vereinfachte Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft Nr.: V84. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, Verlag für Neue Wissenschaft (2001)

LEUTZBACH 1988:

Leutzbach W.: Vergleich der Verkehrssicherheit in der Bundesrepublik Deutschland und Großbritannien. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft-Nr.: 183. Bergisch Gladbach: (1988)

LIPPHARD, MEEWES 1994:

Lipphard D.; Meewes V.: Geschwindigkeiten in den neuen Bundesländern. Verhaltensänderungen 1991 - 1993; Neue Fahrbahnen, Ausstattung, Umfeld; Mitteilungen Nr.35. Beratungsstelle für Schadenverhütung des Verbandes der Haftpflichtversicherer, Unfallversicherer, Autoversicherer und Rechtsschutzversicherer e.V. Köln: (1994).

MARTENS et. al. 1997:

Martens M.; Comte S.; Kaptein N.: The Effects of Road Design on Speed Behaviour. A Literature Review. Road Safety Division Department of Transport. Internetdokument (Textdokument). Letzte Aktualisierung 1997. Adresse:
<http://virtual.vtt.fi/master/deliver.htm>. Zugriff und Prüfung am 07.03.2006.

Mobilität in Deutschland 2002:

BMVBW (Hrsg.): Mobilität in Deutschland. Letzte Aktualisierung 2006. Adresse:
<http://www.kontiv2002.de/>. Zugriff und Prüfung am 03.05.2005.

Literaturverzeichnis

MÜNCH et. al. 1997:

Münch, H. et. al.: Analyse privatwirtschaftlicher Infrastrukturerstellung im Rahmen von BOT-Modellen. Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur. Forschungsprojekt B 201-95992 (unveröffentlicht). Erfurt: (1997).

NIELSEN et al. 1998:

Nielsen S.K.; Berns S.; Brühing E.: Definitions and Data Availability. Compilation and Evaluation A-Level Roads and Hospitalised Victims in OECD Countries Accident and Injury Definitions. Internetdokument (Textdokument). Letzte Aktualisierung 1998. Adresse: <http://www.safespeed.org.uk/irtaddefs.pdf>. Zugriff und Prüfung am 09.03.2006.

NILSSON 1990:

Nilsson G.: Reduction of the 110 Km/H Speed Limit to 90 Km/H During Summer 1989. Effects On Personal Injury Accidents, Injured and Speeds. Report. No. VTI-358. Schweden: (1990).

PFEIFER et al. 2002:

Pfeifer M.; Wiebusch-Wothge R.: Standards der Geschwindigkeitsüberwachung im Verkehr. Vergleich polizeilicher und kommunaler Überwachungsmaßnahmen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Heft Nr.: M 146. Bergisch Gladbach: (2002)

RAL 1937:

Generalinspektor für das deutsche Straßenwesen (Hrsg.): Vorläufige Richtlinie für den Ausbau von Landstraßen RAL 1937. Berlin: Volk und Reich Verlag (1939).

Literaturverzeichnis

RAL-K FGSV 1969:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil III: Knotenpunkte (RAL-K Entwurf) Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1969).

RAL-L FGSV 1959 (Entwurf):

FGSV (Hrsg.): Entwurf der Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). II. Teil: Linienführung (RAL-L Entwurf). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1959).

RAL-L FGSV 1968:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil II: Linienführung (RAL-L) Abschnitt 2: Räumliche Linienführung (Entwurf). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1968).

RAL-L FGSV 1970:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil II: Linienführung (RAL-L) Abschnitt 2: Räumliche Linienführung. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1970).

RAL-L-1 FGSV 1973:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil II: Linienführung (RAL-L) Abschnitt 1: Elemente der Linienführung (RAL-L-1). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1973).

RAL-L-1 FGSV 1984:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil: Linienführung (RAL-L) Abschnitt 1: Elemente der Linienführung (RAL-L-1). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1984).

Literaturverzeichnis

RAL-N FGSV 1977:

FGSV (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil: Straßennetzgestaltung (RAL-N). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1977).

RAL-Q FGSV 1955:

FGSV (Hrsg.): Entwurf der Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Querschnittsgestaltung (RAL-Q Entwurf). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1955).

RAL-Q FGSV 1956:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). I. Teil: Querschnittsgestaltung (RAL-Q). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1956).

RAL-Q FGSV 1970:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil I: Querschnitte (RAL-Q Entwurf). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1970).

RAL-Q FGSV 1974:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil I: Querschnitte (RAL-Q). Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1974).

RAS-L FGSV 1995:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Straßen. Teil: Linienführung RAS-L. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1995).

Literaturverzeichnis

RAS-N FGSV 1988:

FGSV (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS. Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes RAS-N. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1988).

RAS-Q FGSV 1996:

FGSV (Hrsg.): Richtlinie für die Anlage von Straßen. Teil: Querschnitte RAS-Q 96. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (1996).

ROG 1965:

Raumordnungsgesetz, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1965, Teil I, Seite 306

ROG 1997:

Raumordnungsgesetz, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1977, Teil I, Seite 2081

RStO FGSV 2001:

FGSV (Hrsg.): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. Bonn - Bad Godesberg: Kirschbaum Verlag (2001).

SALTER et. al. 1996:

Salter R.J.; Hounsell N.B.: Highway Traffic Analysis and Design. Macmillan Press Ltd. London: Antony Rowe Ltd (1996).

SCHMIDT, HAUPTMANN 2006:

Schmidt H.; Hauptmann J.: Methodischer Ansatz zur Beurteilung des Einflusses der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten an Landstraßen. Bauhaus-Universität Weimar. Studienarbeit. Weimar: (2006).

Literaturverzeichnis

SCHNABEL, LOHSE 1997:

Schnabel W.; Lohse D.: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. Band 2 Verkehrsplanung. Berlin: Verlag für Bauwesen (1997).

STATISTISCHES BUNDESAMT PREISE:

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Preise. Maßzahlen für Bauleistungspreise und Preisindizes für Bauwerke. Fachserie 17, Reihe 4. Wiesbaden: (diverse Jahrgänge).

STATISTISCHES BUNDESAMT 2000:

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Verkehr. Verkehrsunfälle Fachserie 8 für das Jahr 2000. Reihe 7. Wiesbaden: Metzler-Poeschel (2001).

STATISTISCHES BUNDESAMT 2004:

Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Unfallgeschehen im Straßenverkehr. Wiesbaden: (2004).

STEINAUER 1998:

Steinauer B.: Umdruck Straßenplanung I. Kapitel Wirtschaftlichkeit. Institut für Straßenwesen Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. Aachen: (2000).

STUSTER et. al. 1998:

Stuster J.; Coffman Z.; Warren D.: Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management. Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits. US Department of Transportation. PUBLICATION NO. FHWA-RD-98-154. Santa Barbara: (1998).

Literaturverzeichnis

TAYLOR 2000:

Taylor M.C.; Lynam D.C.; Baruya A.: The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents. Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR). TRL Report 421. Wokingham, Berkshire: (2000).

TAYLOR 2002:

Taylor M.C.; Baruya A.; Kennedy J.V.: The relationship between speed and accidents on rural single-carriageway roads. Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR). TRL Report 511. Workingham: (2002).

THEEUWES 1994:

Theeuwes, J.: Self-Explaining Roads: An Exploratory Study. Report TNO-TM 1994 B-18. TNO Human Factors Research Institute. Soesterberg: (1994).

THEEUWES, DIKS 1995:

Theeuwes J., Diks G.: Subjektive road categorisation and speed choice. Report TNO-TM 1995 B-16. TNO Human Factors Research Institute. Soesterberg: (1995).

THOMA 1993:

Thoma J.: Geschwindigkeitsverhalten und Risiken bei verschiedenen Strassenzuständen, Wochentagen und Tageszeiten. Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung. bfu 20. Bern: Bühlmann Druck und Verlag (1993).

VAN VLIET, SCHERMERS 2000:

van Vliet P.; Schermers G.: Sustainable Safety. A new approach for road safety in the Netherlands. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rotterdam Netherlands: (2000).

Literaturverzeichnis

VERKEHR IN ZAHLEN 2003/2004:

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2003/2004.

von ELM, KUEHNI 2005:

von Elm E.; Kuehni C.: ISPM - Universität Bern - SPM-Skript – 9. Unfälle (Entwurf). Wahrscheinlichkeit, als Fußgänger bei einer Kollision mit einem Personenwagen getötet zu werden. Internetdokument (Internetseite). Letzte Aktualisierung am 16.6.2005. Adresse: http://www.ispm.unibe.ch/downloads/spm_skript/. Zugriff und Prüfung am 06.03.2006.

WEGMAN, WOUTERS 2002:

Wegman F.; Wouters P.: Road safety policy in the Netherlands: facing the future. Leidschendam Netherlands: (2002).

WHEELER et al. 2000:

Wheeler A.H.; Taylor M.C.: Changes in accident frequency following the introduction of traffic calming in villages. Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR). TRL Report 452. Wokingham, Berkshire: (2000).

WIRTH 2000:

Wirth W.: Sicherheitsaspekte im Straßenentwurf. Das deutsche Trassierungsregelwerk im Wandel der Zeit. Straße + Autobahn. Heft-Nr.: 3: (2000)

Literaturverzeichnis

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT 2004:

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Demographische Veränderungen - Konsequenzen für Verkehrsinfrastrukturen und Verkehrsangebote. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft. 75. Jahrgang. Heft-Nr.:1. Düsseldorf: Verkehrs-Verlag J.Fischer (2004)

ZECK 2003:

Zeck, H.: Zentrale Ort als räumliches Konzept für Anpassungsstrategien. Informationen zur Raumentwicklung. 2003. 12. Bonn: Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen (2003)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung		Seite
Abbildung 1.1:	Veränderung der Bevölkerungszahl, Prognose für das Jahr 2050	5
Abbildung 1.2:	Reisezeitvorgaben nach den [RAS-N FGSV 1988]	7
Abbildung 1.3:	Funktionen der Geschwindigkeit im Straßenentwurf	9
Abbildung 1.4:	Vorhandene und mögliche zukünftige Geschwindigkeitseinteilung im außerörtlichen Straßennetz	11
Abbildung 2.1:	Vorhandene und neue Längsmarkierung (Holland)	14
Abbildung 2.2:	Verknüpfungsmatrix zur Bestimmung von Straßenkategorien	15
Abbildung 2.3:	Straßenkategorien nach den [RAS-N FGSV 1988]	17
Abbildung 2.4:	Zukünftiger Regelquerschnitt RQ 9	20
Abbildung 3.1:	Anteil der Nutzenkomponenten am verkehrswirtschaftlichen Gesamtnutzen (Beispiel aus einem Anwendungsfall)	24
Abbildung 3.2:	Zusammenhang zwischen Ausbaugeschwindigkeit und Verkehrsstärke	26
Abbildung 4.1:	Beispieldarstellung: Unterschiedliche Trassierung, gleiche Kurvigkeit	30
Abbildung 4.2:	Beispieldarstellung: Unterschiedliche Trassierung, gleiche Kurvigkeit und unterschiedliches Streckmaß (rein schematische Darstellung)	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung		Seite
Abbildung 4.3:	Modelldarstellung Zusammenhang zw. L/L_{Luft} und Kurvigkeit (Modell bis $L / L_{Luft} < (\pi/2)$)	32
Abbildung 4.4:	Modelldarstellung Zusammenhang zw. L/L_{Luft} und Kurvigkeit (Modell bis $L / L_{Luft} \geq (\pi/2)$)	33
Abbildung 4.5:	q-V-Beziehungen nach dem [HBS FGSV 2001]	35
Abbildung 4.6:	Beziehung Geschwindigkeit und Streckmaß	36
Abbildung 5.1:	Untersuchungsgebiet	38
Abbildung 5.2:	Nachweis Einhaltung der Ober- und Untergrenzen des Streckmaßes im Untersuchungsgebiet	39
Abbildung 5.3:	Nachweis des Schwellenwertes L / L_{Luft} für das Untersuchungsgebiet	40
Abbildung 6.1:	Untersuchungsgebiet, nachgeordnete Straßennetze	42
Abbildung 6.2:	Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im gesamten Netz je Tag	48
Abbildung 6.3:	Kfz-Fahrleistung auf den BAB und im Innerortsnetz je Tag	48
Abbildung 6.4:	Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im übergeordneten Netz je Tag	48
Abbildung 6.5:	Kfz-Fahrleistung und Kfz-Fahrzeit im nachgeordneten Netz je Tag	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung		Seite
Abbildung 6.6:	SV(FL) und SV(FZ)-Anteile im gesamten Netz je Tag	50
Abbildung 6.7:	SV(FL) und SV(FZ)-Anteile im Innerortsnetz je Tag	51
Abbildung 6.8:	SV(FL) und SV(FZ)-Anteile auf den BAB je Tag	51
Abbildung 6.9:	SV(FL)-Anteile im nachgeordneten und übergeordneten Netz je Tag	51
Abbildung 7.1:	Entwicklung der Zahl der im Straßenverkehr Getöteten in der BRD	54
Abbildung 7.2:	Wahrscheinlichkeit, bei einem Unfall getötet zu werden	56
Abbildung 7.3:	Zusammenhang zwischen der Änderung der Geschwindigkeit und Änderung der Unfallhäufigkeit	57
Abbildung 7.4:	Verteilungsfunktionen lokaler Geschwindigkeiten bei differenzierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für Außerortsstraßen	64
Abbildung 7.5:	Geschwindigkeit V_{Rm} in Abhängigkeit von verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten auf Außerortsstraßen	65
Abbildung 7.6:	Erwartete Anzahl der Unfälle nach [TAYLOR 2002]	67
Abbildung 8.1:	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten (PO)	71
Abbildung 8.2:	Jährliche Betriebskosten im Gesamtnetz	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung		Seite
Abbildung 8.3:	EWS: jährliche Unfallkosten im Außerorts- und im Gesamtnetz	76
Abbildung 8.4:	[TAYLOR 2002]: Jährliche Unfallkosten im Außerorts- und im Gesamtnetz	77
Abbildung 8.5:	Jährliche Zeitkosten im Gesamtnetz	79
Abbildung 8.6:	Jährliche Nutzerkosten im Gesamtnetz	80
Abbildung 9.1:	Untersuchungsgebiet: Längenpercentil / Kurvigkeit für alle Straßen im nachgeordneten Straßennetz	85
Abbildung 9.2:	Jährliche Baukosten in den nachgeordneten Straßennetzteilen	87
Abbildung 10.1:	Nutzen-Kosten-Verhältnisse	90
Abbildung 11.1:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Betriebskosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)	93
Abbildung 11.2:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Betriebskosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)	93
Abbildung 11.3:	Zukünftiger Altersaufbau, Prognose für das Jahr 2050	94
Abbildung 11.4:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten	95
Abbildung 11.5:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung		Seite
Abbildung 11.6:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung des Teilnutzen Zeitkosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)	96
Abbildung 11.7:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung der Baukosten, Auswirkungen auf das NKV (EWS)	97
Abbildung 11.8:	Sensitivitätsanalyse: Veränderung der Baukosten, Auswirkungen auf das NKV (TAYLOR)	98

Tabellenverzeichnis

Abbildung		Seite
Tabelle 2.1:	Mögliche zukünftige Hierarchie von Streckenabschnitten in Holland	13
Tabelle 2.2:	Mögliche zukünftige Straßenhierarchie (England)	14
Tabelle 2.3:	Länge der öffentlichen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften	17
Tabelle 2.4:	DTV auf Kreisstraßen 1990	18
Tabelle 3.1:	Begriffssystematik des Straßenbaus und der Straßenerhaltung	23
Tabelle 3.2:	Zusammenhang von Hauptnutzenkomponenten und Berechnungsvariablen nach den [EWS FGSV 1997]	25
Tabelle 4.1:	Zusammenhang Kurvigkeitsbereich, Streckmaß und Geschwindigkeitsbereich	36
Tabelle 5.1:	Untersuchungsgebiet mit Baulastträgerschaft (Ist-Zustand)	39
Tabelle 6.1:	Begriffsbestimmungen und Zuordnungen einzelner Netzteile zueinander	41
Tabelle 6.2:	Untersuchungsgebiet, nach Gesamtverkehrsstärke (Modellansatz)	43
Tabelle 7.1:	Geschwindigkeitsveränderung: Einfluss auf das Unfallgeschehen	53

Tabellenverzeichnis

Abbildung		Seite
Tabelle 7.2:	Unfall und Verletzungsdefinitionen: Vergleich England zu Deutschland	61
Tabelle 7.3:	Geschwindigkeit V_{RM} der Kfz im Untersuchungsgebiet	66
Tabelle 8.1:	Berechnung der Unfallkostenrate	75
Tabelle 9.1:	Grundbaukosten und abgeleitete Grundinvestitionskosten für den grundhaften Ausbau von Bundes- und Landesstraßen in Thüringen	83
Tabelle 9.2:	Maximale Baukosten und abgeleitete Maximalinvestitionskosten für den grundhaften Ausbau von Bundes- und Landesstraßen in Thüringen	84
Tabelle 9.3:	Mittlere Pkw-Geschwindigkeiten und zugehörige Längenpercentile	86

aa	[-]	Index für das Außerortsnetz
$AF(P)_{a,VA,Netz}$	$[U(P)/a]$	Erwartete Anzahl der U(P) im Jahr in Abhängigkeit von V_A je betrachtetem Straßennetzteil.
AF_a	$[U/a]$	Anzahl der Unfälle im Jahr.
ΔAF_a	[%]	Veränderung von AF_a je Veränderung von V_{Rm} [miles/h].
$AF_{a,Null}$	$[U/a]$	Bekannte Anzahl der Unfälle im Jahr.
$AF_{a,U(P),Netz}$	$[U(P)/a]$	Vorhandene Anzahl der U(P) im Jahr je betrachtetem Straßennetzteil.
ag	[-]	Index für das Gesamtnetz
an	[-]	Index für das nachgeordnete Straßennetz
Anm. d. Autors	[-]	Anmerkung des Autors
aStrN	[-]	Außerortsnetz
aü	[-]	Index für das übergeordnete Straßennetz
BGW_{FG}	$[€/ (100 \text{ Kfz km})]$	Betriebskosten-Grundwert je FG.
BK (B;D)	$[€/kg]$	Kraftstoffkostensatz für Benzin oder Diesel.
$BK(FL)_{FG}$	$[€/ (100 \text{ Kfz km})]$	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten je FG.
$BK(FL)_{FG,Netz}$	$[€/ (1000 \text{ Kfz km})]$	Fahrleistungsbezogene Betriebskosten je FG und betrachtetem Straßennetzteil.
$BK_{a,Netz}$	$[€/a]$	Jährliche Betriebskosten je betrachtetem Straßennetzteil.
C	$[Kfz/h]$	Durchlassfähigkeit / Kapazität des Netzelementes.
DS	[%]	Anteil von scharfen Kurven.
DTV	$[Kfz/24h]$	Durchschnittlich Täglicher Verkehr.
DX	[-]	Dichte der Knotenpunkte.
EF_{FG}	$[g/(Kfz km)]$	Emissionsfaktoren, abhängig von FG und V_{Rm} .
FG	[-]	Fahrzeuguntergruppe
$FL_{a,FG,Netz}$	$[(1000 \text{ Kfz km})/a]$	Fahrleistung im Jahr je FG und betrachtetem Straßennetzteil.
$FL_{a,Netz}$	$[(1000 \text{ Kfz km})/a]$	Fahrleistung im Jahr je betrachtetem Straßennetzteil.

FL_{Netz}	[Kfz km]	Fahrleistung je betrachtetem Straßennetzteil.
Fz	[-]	Fahrzeuggruppe
$FZ_{a,Fz,Netz}$	[(Kfz h)/a]	Fahrzeit im Jahr je Fz und betrachtetem Straßennetzteil.
FZ_{Netz}	[Kfz h]	Fahrzeit je betrachtetem Straßennetzteil.
G_i	[-]	Gruppenfaktor
gStrN	[-]	Gesamtes Straßennetz
$ \gamma_i $	[gon]	Betrag der Winkeländerung im Lageplan innerhalb des Teilabschnitts i.
i	[-]	Streckenindex
iStrN	[-]	Innerortsnetz
j	[-]	Index der Schadstoffarten Hier: KF=Kraftstoffverbrauch.
J	[-]	Bezugsjahr
K_a	[€/a]	Baukosten eines Jahres.
$K_{a,Netz}$	[€/(Netz*a)]	Jährliche Kosten im Jahr je betrachtetem Straßennetzteil.
K_B	[€]	Baukosten
KB_G	[€/km]	Grundbaukosten im „Normalfall“.
KB_{max}	[€/km]	Maximale Baukosten
KB_z	[€/km]	Zusätzliche Baukosten.
KF_{FG}	[g/(Kfz km)]	Kraftstoffverbrauchs faktor je FG.
kf_{FG}	[-]	Minderungsfaktor, abhängig von der FG und dem Bezugsjahr J.
Kfz	[-]	Kraftfahrzeug
KI_a	[€/(kma)]	Jährliche Investitionskosten.
$KI_{a,G}$	[€/(kma)]	Jährliche Grundinvestitionskosten.
$KI_{a,max}$	[€/(kma)]	Jährliche Maximalinvestitionskosten.
KL_a	[€/(kma)]	Jährliche laufende Kosten.

KU	[gon/km]	Kurvigkeit eines Landstraßenabschnitts.
L	[km]	Länge des Landstraßenabschnitts.
$L(akt)_i$	[Kfz km/Zeitintervall]	Belastungsabhängige Fahrlänge aller Kfz je Teilabschnitt i und Zeitintervall t.
$L_{BRD,Netz}$	[km]	Länge des betrachteten Straßennetzes in Deutschland.
L_{Luft}	[km]	Luftlinienentfernung zwischen Ort I und Ort II.
$L_{Ug,Netz}$	[km]	Länge des betrachteten Straßennetzes im Untersuchungsgebiet.
M	[Kfz/h]	Verkehrsstärke des Netzelementes.
MIV	[-]	Motorisierter Individualverkehr.
N100 N200 N300	[-]	Bezeichnung der nachgeordneten Straßennetze mit einer Gesamtverkehrsstärke von $q \leq 100$, $q \leq 200$ und $q \leq 300$ [Kfz/h].
n	[-]	Anzahl der Teilabschnitte innerhalb des Straßenabschnitts.
N_a	[€/a]	Nutzen eines Jahres.
NJ	[-]	Anzahl der Kreuzungen.
NKV	[-]	Nutzen-Kosten-Verhältnis.
nStrN	[-]	Nachgeordnetes Straßennetz
P	[%]	Anteil der Schnellfahrer.
Q	[Kfz/24h]	Verkehrsmenge
q	[Kfz/h]	Gesamtverkehrsstärke in der Spitzenstunde
q_i	[(Kfz/Zeitintervall)]	Verkehrsstärke je Strecke i und Zeitintervall t.
RQ	[-]	Regelquerschnitt
S	[km/h]	Zulässige Höchstgeschwindigkeit.
s	[%]	Längsneigung, hier: Durchschnittliche je betrachtetem Straßennetzteil.
S_{FG}	[-]	Korrekturfaktor für die Längsneigung, abhängig von FG, V_{Rm} und s.
SM	[gon/km]	Streckmaß eines Landstraßenabschnitts.
t	[-]	Zeitintervall; hier 0 – 24 Uhr in Stunden disaggregiert.

$t(\text{akt})_{it}$	[Kfz h/Zeitintervall]	Belastungsabhängige Fahrzeit aller Kfz je Teilabschnitt i und Zeitintervall t .
T_0	[s]	Fahrzeit / Wartezeit bei Verkehrsstärke $M=0$.
$TK_{a, \text{Netz}}$	[€/a]	Jährliche Zeitkosten je betrachtetem Straßennetzteil.
TM	[s]	Fahrzeit / Wartezeit bei Verkehrsstärke $M \neq 0$.
$U(P)$	[-]	Anzahl Unfälle mit Personenschaden.
u. a.	[-]	Unter anderem.
$UK(P)_{a, \text{EWS, Netz}}$	[€/a]	Jährliche Unfallkosten für $U(P)$ nach den EWS je betrachtetem Straßennetzteil.
$UK(P)_{a, \text{TAYLOR, Netz}}$	[€/a]	Jährliche Unfallkosten für $U(P)$ nach TAYLOR je betrachtetem Straßennetzteil.
$UKD(P)$	[€/(1000 km*a)]	Jährliche Unfallkostendichte für $U(P)$.
$UKR(P)_{\text{EWS, Netz}}$	[€/(1000 Kfz km)]	Unfallkostenrate für $U(P)$ nach den EWS je betrachtetem Straßennetzteil.
$UR(P)_{\text{Netz}}$	[U/(10 ⁶ Kfz km)]	Unfallrate für $U(P)$ je betrachtetem Straßennetzteil.
$\ddot{u}\text{StrN}$	[-]	Übergeordnetes Straßennetz
V_{85}	[km/h]	Geschwindigkeit V_{85} nach [RAS-L FGSV 1995].
V_A	[km/h]	Ausbaugeschwindigkeit. Sie beschreibt ein angestrebtes Geschwindigkeitsniveau für ein funktional zusammengehörendes Straßennetz. Der Einfluss der Verkehrsstärke wird berücksichtigt. Sie beschreibt auch die maximale Höchstgeschwindigkeit die nicht überschritten wird.
V_B	[km/h]	Bemessungsgeschwindigkeit nach [RAS-Q FGSV 1996].
V_e	[km/h]	Entwurfgeschwindigkeit nach [RAS-L FGSV 1995].
V_{max}	[km/h]	Maximale Geschwindigkeit
V_R	[km/h]	Pkw-Reisegeschwindigkeit nach [RAS-N FGSV 1988].
V_{Rm}	[km/h]	Mittlere gefahrene Geschwindigkeit.
$\Delta V_{Rm, \text{Netz}}$	[km/h]	Geschwindigkeitsveränderung je betrachtetem Straßennetzteil.
$V_{Rm, \text{Null}}$	[km/h] [miles/h]	Bekannte mittlere gefahrene Geschwindigkeit.
$V_{Rm, \text{Null, Netz}}$	[km/h]	Bezeichnet das vorhandene Geschwindigkeitsniveau auf den verschiedenen Straßennetzteilen.
$V_{Rm, VA, \text{Netz}}$	[km/h]	Bezeichnet das Geschwindigkeitsniveau, dass sich unter Berücksichtigung der Ausbaugeschwindigkeit V_A je betrachtetem Straßennetzteil einstellt.

V_{zul}	[km/h]	Zulässige Höchstgeschwindigkeit für Pkw auf Außerortsstraßen, die nicht mit mehreren Fahrstreifen für eine Richtung ausgerüstet sind.
W	[m]	Straßenbreite
$WT_{Fz,Netz}$	[€/(Kfz h)]	mittleren Zeitkostensätze je Fz und betrachtetem Straßennetzteil.
$WUa(P)_{Netz}$	[€/(U(P))]	Angepasste Unfallkostensätze für U(P) je betrachtetem Straßennetzteil.
WUS	[€/U]	Kostensätze für Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden.
WUV	[€/Person]	Kostensätze für Verunglückte.
z.B	[-]	Zum Beispiel.