

ASPHALT STRASSEN



Richtlinie Oberbau von Asphaltstraßen

Stand Dezember 2008

Urban Systems Engineering
DI. Dr. techn. Markus Hoffmann



Das Land
Steiermark

→ Abteilung 18 - Verkehr

AUFTRAGGEBER

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 18B - Straßeninfrastruktur Bau

DI. Bernd Pitner
A-8011 Graz Landhausgasse 7
Telefon: +43 (316) 877-3871
Fax: +43 (316) 877-5446
e-mail: bernd.pitner@stmk.gv.at

Ing. Heinz Roszbacher
A-8011 Graz Landhausgasse 7
Telefon: +43 (316) 877-2901
Fax: +43 (316) 877-2131
e-mail: heinz.rossbacher@stmk.gv.at



AUFTRAGNEHMER

Urban Systems Engineering

Univ. Lektor DI. Dr. techn. Markus Hoffmann
A-1060 Wien, Schmalzhofgasse 18
mobil: +43 (0) 650 973 06 04
e-mail: markus.hoffmann@gmx.at



Copyright und Impressum:

Alle Angaben wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt in dem Bearbeitungszeitraum zusammengestellt und spiegeln den derzeitigen Stand des Wissens wider. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den maßgebenden Anforderungen und Einsatzkriterien des Straßenoberbaus von Asphaltstraßen in der Steiermark und hat den Charakter einer internen Richtlinie. Darüber hinaus werden die neuen Anforderungen der RVS angesprochen und Hinweise für eine wirtschaftliche Oberbaubemessung gegeben. Eine Haftung für aus anderer Verwendung als die o.a. entstehende Schäden bzw. über die für diesen Detaillierungsgrad erforderliche Sorgfaltspflicht und Genauigkeit der Angaben nach dem Stand des Wissens wird von Auftragnehmer und Auftraggeber dezidiert ausgeschlossen. Die Weitergabe, Wiedergabe sowie Verwendung in anderen Arbeiten bedarf einer ausdrücklichen Zustimmung des Auftragnehmers und der Auftraggeber. Besonderer Dank gilt allen Mitwirkenden im Land Steiermark, welche die Richtlinie in der vorliegenden Form durch ihre Mitwirkung und Ideen sowie Erfahrungen und kritische Durchsicht erst ermöglicht haben.

Auftraggeber - DI. Bernd Pitner



Auftragnehmer - DI. Dr. techn. Markus Hoffmann

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Zielsetzungen	3
1.3	Geltungsbereich	3
2.	Bezeichnungen und Vorgaben	4
2.1	Normen und Vorgaben	4
2.2	empirisch VS fundamental	4
3.	Oberbaubemessung	10
3.1	Maßgebende Belastungen	10
3.2	Dimensionierung gemäß RVS 03.08.63	10
3.3	Ermittlung der Verkehrsbelastung	14
3.4	Wirtschaftliche Dimensionierung	17
4.	Anhang	19
4.1	Abbildungsverzeichnis	19
4.2	Literaturverzeichnis	19

1. Allgemeines

1.1 Einleitung

Der Straßenoberbau hat die auftretenden (Rad-) Lasten möglichst gleichmäßig in den Untergrund zu übertragen. Die Schichtfolge gemäß RVS 03.08.63 ist so gewählt, dass die tragfähigsten und teuersten Schichten (Asphalt, Beton, Pflaster) die Radlast unmittelbar aufnehmen und diese dann sukzessiven auf weniger tragfähigen und günstigeren Schichten verteilen [Abb.01]. Der Oberbau soll dazu so dimensioniert werden, daß er allen Belastungen aus Verkehr und Witterung bei möglichst hohem Nutzerkomfort und geringen Lebenszykluskosten dauerhaft stand hält.

1.2 Zielsetzungen

Die Zielsetzung dieser Richtlinie ist Aufbereitung der wichtigsten Anforderungen an Straßen mit Asphaltbefestigung sowie deren Umsetzung in den neuen Richtlinien bzw. der Praxis. Sie soll einen einfach zu handhabenden Standard für Ausbau- und Instandsetzung in Ergänzung zu bestehenden Normen und Vorschriften darstellen. Die Richtlinie hat internen Charakter und soll:

- Wichtige Zusammenhänge erklären
- Neue Bezeichnungen erläutern
- Umsetzung vereinheitlichen
- Über- und Unterdimensionierung des Oberbaus vermeiden helfen
- Kosten sparen

1.3 Geltungsbereich

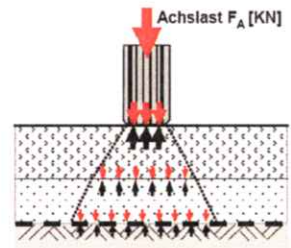
Der obligatorische Geltungsbereich der Richtlinie erstreckt sich grundsätzlich auf alle Straßen in der Steiermark, an denen das Landesstraßenverwaltungsgesetz (1964) anzuwenden ist und wo die Planung, der Bau, Betrieb oder die Instandsetzung im Interesse der Landesstraßenverwaltung liegt bzw. eine Kosten- oder sonstige Beteiligung mit der Landesstraßenverwaltung des Landes Steiermark angestrebt wird.

Bei sachgemäßer Anwendung der Richtlinie, entsprechendem Vorwissen und Einhaltung der sonstigen Vorschriften und Gesetze sind insgesamt bessere Ergebnisse zu erwarten. In allen anderen Fällen obliegt die Anwendung der Verantwortung der Gebietshoheit bzw. dem Netzbetreiber unbeschadet sonstiger geltender einschlägiger gesetzlicher Vorschriften und Richtlinien und ohne daß daraus Ansprüche gegenüber dem Land Steiermark oder Dritten abgeleitet werden können.

Strassenbefestigungen im Überblick

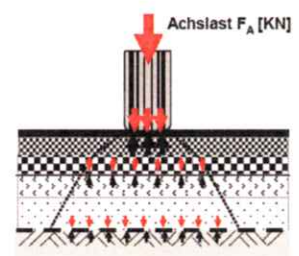
SCHOTTERSTRASSE:

- Einsatz: untergeordnet
ca. 0 - 20 LKW / Tag
- Vorteile: + geringe Kosten
+ einfache Erhaltung
- Nachteile: - geringe Belastbarkeit
- Spurrinnenbildung
- Wasserzutritt



ASPHALTSTRASSE:

- Einsatz: Allroundbelag
ca. 0 - 1500 LKW / Tag
- Vorteile: + moderate Kosten
+ einfache Erhaltung
+ flexibler Einsatz
+ gute Belastbarkeit
- Nachteile: - bei hohen Lasten
schneller Verschleiß



BETONSTRASSE:

- Einsatz: Hohe Belastungen
ca. 400 - 2500 LKW / Tag
- Vorteile: + geringer Verschleiß
+ hohe Lebensdauer
+ hohe Belastbarkeit
- Nachteile: - hohe Kosten
- aufwendige Erhaltung

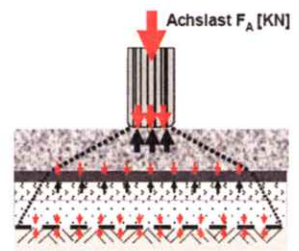


Abb. 01 Straßenbefestigungen im Überblick nach Einsatzgebiet sowie Vor- und Nachteilen [HOFFMANN M. 2007]

2. Bezeichnungen und Vorgaben

2.1 Normen und Vorgaben

Die einschlägigen Normen (ÖNORM, RVS etc.) und gesetzlichen Vorschriften (BVVERG etc.) können generell in einen geregelten (unbedingte Einhaltung), empfohlenen (freiwillige Einhaltung) und einen unregulierten Bereich (keine Anforderungen = no requirements NR) eingeteilt werden. Für die Ausschreibung besonders zu beachten sind die neuen Anforderungen an das Asphaltmischgut aus der Umsetzung Europäischer Normen (EN) der Reihe EN 13108-X in Österreichische Normen (B). In Vergangenheit wurde zu etwa 95% Asphaltbeton auf Landesstraßen verbaut, weshalb sich die nachfolgenden Ausführungen auf diese konzentrieren. Die Festlegung der Anforderungen erfolgt u.a. über die Vereinbarung der Anforderungen an das Asphaltmischgut gemäß RVS 08.97.05 und wird durch die Bauaufsicht (RVS 14.01.11) nach der Ausführung entsprechend der RVS 11.03.21 geprüft und abgerechnet.

2.2 empirisch VS fundamental

Als wesentliche Neuerung neben einer klareren Strukturierung der Bezeichnungen der Asphalt-schichten [Abb. 02] ist die Unterscheidung in empirisch und fundamental. Während empirisch für die Beibehaltung der bewährten volumetrischen Anforderungen an das Mischgut steht, geht der fundamentale Ansatz darüber hinaus und schafft über genormte Laborprüfungen einen funktionalen Zusammenhang zu den auftretenden Hauptbeanspruchungen des Asphalt. Damit verbunden ist die Möglichkeit zu einer systematischen Verbesserung der Bauweisen und der Oberbaubemessung.

Anforderungen EMPIRISCH	Anforderungen FUNDAMENTAL
<p>Bindemittelgehalt: $B_{\min 3,0} = 3,0$ M% BM</p> <p>Korngrößenverteilung: 4 Siebe (0,063-2-8-11,22)</p> <p>Hohlraumgehalt: $V_{\min 2,0} = 2,0$ Vol-%, $V_{\max 4,0} = 4,0$ Vol-%</p> <p>Mischguttemperatur: Min. T = +150 °C; Max. T = +190 °C</p> <p>Verformungsbeständigkeit: $PRD_{Luft 7,0} = 7\%$</p>	<p>Bindemittelgehalt: $B_{\min 3,0} = 3,0$ M% BM</p> <p>Korngrößenverteilung: 4 Siebe (0,063-2-8-11,22)</p> <p>Hohlraumgehalt: $V_{\min 2,0} = 2,0$ Vol-%, $V_{\max 4,0} = 5,0$ Vol-%</p> <p>Mischguttemperatur: Min. T = +150 °C; Max. T = +190 °C</p> <p>Verformungsbeständigkeit: $PRD_{Luft 7,0} = 7,0\%$</p> <p>Zusätzlich: Widerstand gegen Verformung ($f_{c,max x,x}$), Steifigkeit & Ermüdung ($\epsilon 6-XXX$), Thermische Rissbildung ($T_{crack, min-XX}$)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumetrische Anforderungen bleiben ▪ Keine Anforderungen an mechanische Kenn- werte (Marshall Trag- und Fließwert) ▪ Spurbildungsprüfung mit dem kleinen Gerät 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumetrische Anforderungen gleich wie bei empirischem Ansatz ▪ Zusätzliche Anforderungen an das Gebrauchsverhalten des Asphalt ▪ Verformungsstabilität ▪ Steifigkeit und Ermüdungsbeständigkeit ▪ Widerstand gegen thermische Rissbildung ▪ Kenngrößen und Grenzwerte auf Basis von wissenschaftlichen Reihenuntersuchungen ▪ Höherer Prüfaufwand und Prüfkosten ▪ Gebrauchsverhalten im Vordergrund

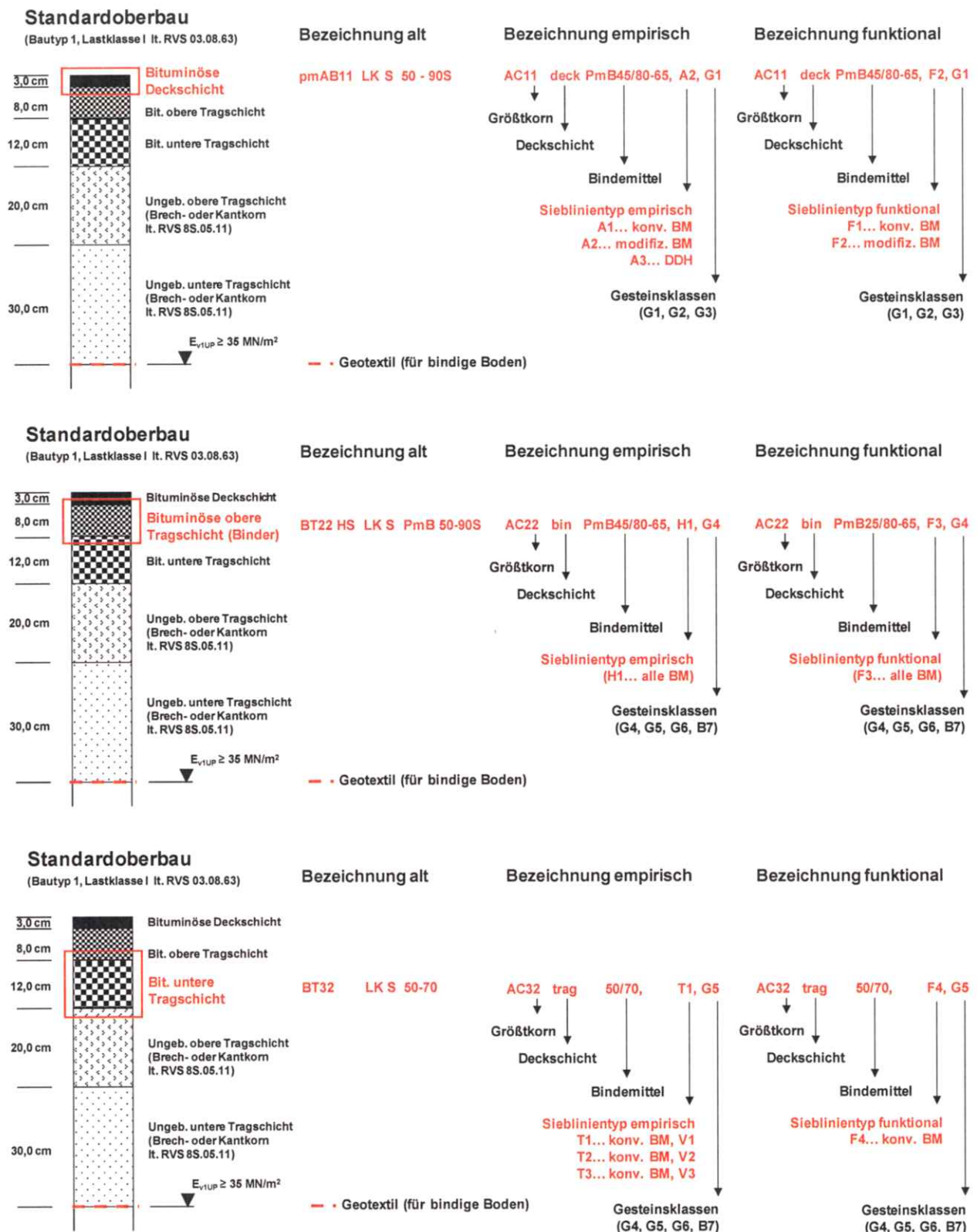


Abb. 02 Bezeichnung des Asphaltmischgutes lt. geltender Normen [BLAB 2007, HOFFMANN 2008]

2.3.1 Unterbau(-planum)

Ein tragfähiger Untergrund stellt das Fundament des Straßenoberbaus dar. Wesentlich ist eine hohe und gleichmäßige Tragfähigkeit und Frostsicherheit sowie Ableitung des eindringenden Wassers über das Unterbauplanum. Die wichtigsten Anforderungen an den Unterbau sind:

- Frostbeständigkeit (RVS 8.24)
- Entwässerung (Gefälle UP 3... 5%)
- Tragfähigkeit ($EV_1 \geq 35 \text{ MN/m}^2$)
- Gleichmäßige Lastverteilung
- Verwendung Drainage und Geotextil

Vergleichsrechnungen [HOFFMANN M. 2006] zeigen, dass eine um 5 MN/m^2 (-15%) geringere Tragfähigkeit in kalten Zonen (Obersteiermark) zu einer Reduktion der ertragbaren Lastwechsel um ca. 33% und in der warmen Zone (Untersteiermark) um etwa 20% führt.

Bei mangelnder Bauausführung, Verwendung ungeeigneter Materialien und ungenügender Tragfähigkeit des Unterbaus kann sich die Lastverteilungswirkung [Abb. 01] nicht entfalten und es kommt besonders im Frühjahr und Bautypen der Lastklasse III... VI zu strukturellen Schäden. Daher ist bei Ausschreibung, Bauüberwachung und Abnahmeprüfung besonders auf die Einhaltung der genannten Anforderungen zu achten.

2.3.2 Ungebundene Tragschichten

Die untere ungebundene Tragschicht (UUTS) und obere ungebundene Tragschicht (OUTS) haben zusammen eine Stärke von mindestens 50 cm und ansonsten den Anforderungen der RVS 8S.05.11 und 8.512 insbesondere in Hinblick auf Frostbeständigkeit und Tragfähigkeit zu genügen. Demgemäß lassen sich die wichtigsten Grundsätze für ungebundene Tragschichten wie folgt zusammenfassen:

- Eignungsprüfung der ungebundenen Tragschichten vor der Instandsetzung
- Sicherstellen einer ausreichenden Tragfähigkeit ($EV_1 \geq 90 \text{ MN/m}^2$)
- Ausschließlich Verwendung von Brech- oder Kantkorn gemäß 8S.05.11
- In kalten Zonen kann eine Einbaustärke von 60 cm wirtschaftlich sinnvoll sein

Die Qualität der ungebundenen Tragschichten bestimmt die Lebensdauer des Straßenoberbaus wesentlich mit und ist vergleichsweise kostengünstig gegenüber dem Asphalt. Nachdem ihre Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit [Abb. 03] aufgrund fehlender Geotextilien, Zerkleinerung unter den auftretenden Lasten und Eindringen von Feinteilen über die Nutzungsdauer abnimmt, ist eine Eignungsprüfung vor jeder größeren Instandsetzung notwendig.

Modell des Schadensmechanismus bei Frost

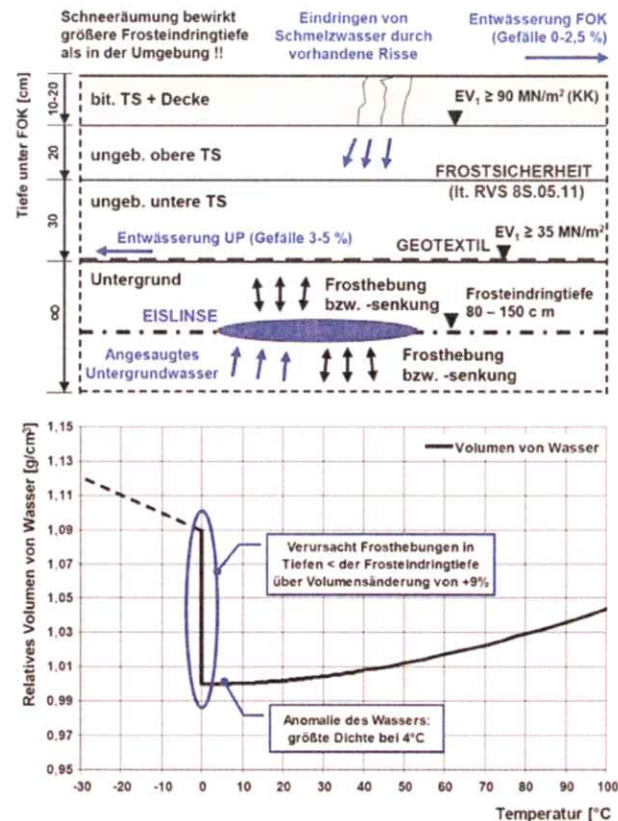


Abb. 03 Modell der Eislinsenbildung im Untergrund und Frosthebung des Oberbaus [HOFFMANN M. 2006]

2.3.3 Gebundene Trag- und Deckschichten

Gebundene Trag- und Deckschichten sind aus einwandfreiem Mischgut gemäß den in Kap. 2.1 genannten Normen herzustellen, wobei seit 01.01.2008 ein CE - Kennzeichnung verpflichtend ist. Nur durch Einhaltung der hohen Anforderungen in Herstellung, Einbau und Nachbehandlung ist der zweckmäßige, wirtschaftliche und sparsame Einsatz der knappen öffentlichen Mittel sichergestellt:

- Unterlagen sind standfest, tragfähig, eben, profilgerecht und rissfrei herzustellen
- Anschlüsse und Nähte sind zu reinigen und entsprechend vorzubehandeln
- Fräsflächen sind mittels Hochdruckreiniger zu säubern und der Lagenverbund durch Aufspritzen eines geeigneten Bitumens o.ä. sicherzustellen
- Bituminöse Trag- und Deckschichten sind soweit als möglich maschinell einzubauen
- Im Übrigen ist auf einen möglichst nahtfreien, zügigen Einbau zu achten
- Sind dennoch Nähte erforderlich, sind diese außerhalb der Radspuren zu legen
- Die Verdichtung hat rechtzeitig und ausreichend zu erfolgen
- Der Verkehr ist erst nach ausreichender Abkühlung unter 35°C zuzulassen
- Bei offenporigen Asphalten und hochstandfesten Schichten Freigabe erst nach 12 h

In der Abnahmeprüfung erfolgt die Feststellung, ob die o.a. Anforderungen eingehalten sind. Sie bildet weiters die Grundlage für die Übernahme und Abrechnung und ist entsprechend zu dokumentieren. Darüber hinaus ist eine entsprechende Kontrollprüfung gemäß RVS 08.16.01 und 11.03.21 vor Ablauf der Gewährleistungspflicht von 5 Jahren nach Übernahme zu veranlassen, um mögliche Ansprüche des Landes gegenüber Dritten zu sichern.

2.3.4 Empfohlene Bautypen auf Landesstraßen

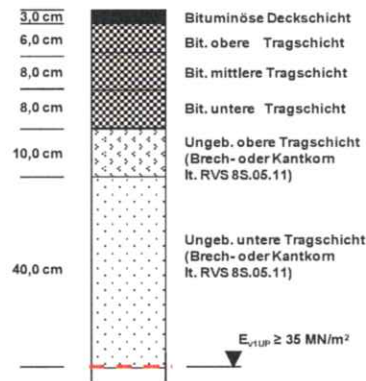
Für den Oberbau der Landesstraßen in der Steiermark wird generell der Bautyp I empfohlen. Um eine einheitliche Schichtfolge und gleiche Bezeichnungen sicherzustellen sind empirische und fundamentale Bezeichnungen zu allen Lastklassen angeführt [Abb. 04, 05]. Um eine spätere Vergleichbarkeit und hohe gleichmäßige Qualität sicherzustellen, soll bei Straßen mit hoher Verkehrsbelastung und großen Baulosen nach Möglichkeit fundamental ausgeschrieben werden.

Für eine schnelle Zuordnung und Überprüfung des richtigen Einsatzbereiches ist bei allen Lastklassen nicht nur die zugehörige Straßenkategorie [Kap. 5.5] angegeben, sondern auch die Anzahl der insgesamt ertragbaren Bemessungsnormlastwechsel gemäß RVS 03.08.63. Die darunter angegebene Zahl der LKW/Tag und Fahrspur basiert auf der üblichen Bemessungslebensdauer von 20 Jahren und einem durchschnittlichen Verkehrszuwachs von 2% p.a. und ist in Kap. 3.3 im Detail erklärt.

Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus sowie die Auswertung der bisher dominant aufgetretenen Schäden [HOFFMANN M. 2006] zeigen, dass es sinnvoll ist, eine längere Bemessungslebensdauer von mindestens 30 Jahren (wie in Deutschland) zu wählen und nach etwa 20 Jahren eine zusätzliche Deckschichtmaßnahme mit etwa 10... 15 Jahren Lebensdauer einzuplanen.

Damit diese wirtschaftlichere Strategie funktioniert, müssen jedoch strukturelle Schäden in der längeren Bemessungsdauer vermieden werden, weshalb die empfohlene Zahl der LKW/Tag und Fahrspur um etwa 40% unter den Werten der derzeit gültigen RVS 03.08.63 liegt. Ausgehend von üblichen Preisen für den Straßenoberbau und 4% Zinsen ergibt sich trotz der höheren Anfangsinvestition von 10... 12% allein aus der Anwendung dieser Strategie eine Einsparung von rund 15% über die gesamte Lebensdauer bei gleichem oder besseren Zustand und geringerer Verkehrsstörung.

BAUTYP I - Lastklasse S



Bezeichnung empirisch	Bezeichnung funktional
AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1	AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
U.O. TS KG 0/32 KK	U.O. TS KG 0/32 KK
U.U. TS KG 0/63 KK	U.U. TS KG 0/63 KK

— • Geotextil (für bindige Boden)

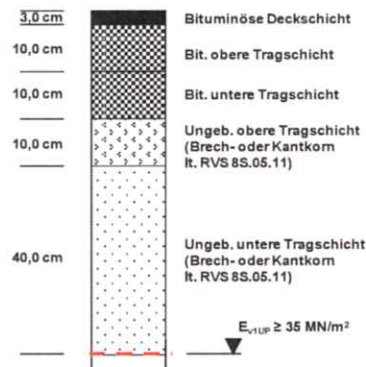
Einsatzbereich

Für übergeordnete, hochrangige Straßen der Kategorie A, B, C1 mit besonders hohem Schwerverkehrsanteil.

10,0... 25,0 Mio. BNLW gesamt
ca. 1250... 3125 LKW/Tag/Spur (lt. RVS 03.08.63)

Mit einer optimierten Bemessungslebensdauer von 30 Jahren und Ø 2% Verkehrszuwachs ergibt sich ein Einsatzbereich von ca. 750... 1875 LKW/Tag/Spur

BAUTYP I - Lastklasse I



Bezeichnung empirisch	Bezeichnung funktional
AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1	AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
U.O. TS KG 0/32 KK	U.O. TS KG 0/32 KK
U.U. TS KG 0/63 KK	U.U. TS KG 0/63 KK

— • Geotextil (für bindige Boden)

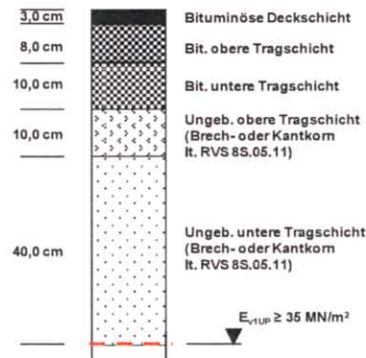
Einsatzbereich

Für überregionale, regionale und teilregionale Landesstraßen der Kategorie B, C1 und C2 mit hohem Schwerverkehrsanteil.

4,0... 10,0 Mio. BNLW gesamt
ca. 500... 1250 LKW/Tag/Spur (lt. RVS 03.08.63)

Mit einer optimierten Bemessungslebensdauer von 30 Jahren und Ø 2% Verkehrszuwachs ergibt sich ein Einsatzbereich von ca. 300... 750 LKW/Tag/Spur

BAUTYP I - Lastklasse II



Bezeichnung empirisch	Bezeichnung funktional
AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1	AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
U.O. TS KG 0/32 KK	U.O. TS KG 0/32 KK
U.U. TS KG 0/63 KK	U.U. TS KG 0/63 KK

— • Geotextil (für bindige Boden)

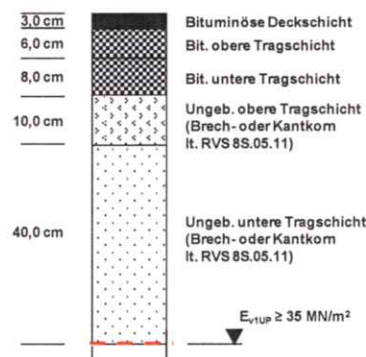
Einsatzbereich

Für regionale und teilregionale Landesstraßen der Kategorie C1, C2 mit mittlerem bis hohem Schwerverkehrsanteil.

1,3... 4,0 Mio. BNLW gesamt
ca. 160... 500 LKW/Tag/Spur (lt. RVS 03.08.63)

Mit einer optimierten Bemessungslebensdauer von 30 Jahren und Ø 2% Verkehrszuwachs ergibt sich ein Einsatzbereich von ca. 100... 300 LKW/Tag/Spur

BAUTYP I - Lastklasse III



Bezeichnung empirisch	Bezeichnung funktional
AC11 deck PmB45/80-65, A1, G2	AC11 deck PmB45/80-65, F2, G2
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4	AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4
U.O. TS KG 0/32 KK	U.O. TS KG 0/32 KK
U.U. TS KG 0/63 KK	U.U. TS KG 0/63 KK

— • Geotextil (für bindige Boden)

Einsatzbereich

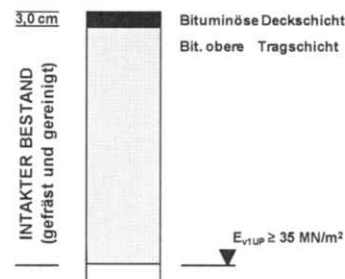
Für teil- und kleinregionale Landesstraßen der Kategorie C2, D mit mittleren bis geringem Schwerverkehrsanteil.

0,4... 1,3 Mio. BNLW gesamt
ca. 50... 160 LKW/Tag/Spur (lt. RVS 03.08.63)

Mit einer optimierten Bemessungslebensdauer von 30 Jahren und Ø 2% Verkehrszuwachs ergibt sich ein Einsatzbereich von ca. 30... 100 LKW/Tag/Spur

Abb. 04 Empfohlene Bautypen und Lastklassen für Landesstraßen nach Einsatzbereich

DECKSCHICHT LKS bis LKIII



Bezeichnung empirisch

AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4

Bezeichnung funktional

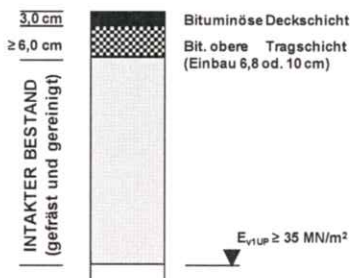
AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4

Deckschichtmaßnahme

Trag-/Deckschichtmaßnahme mit Abfräsen von $\geq 2-4$ cm, Reinigen und Vorspritzen sowie Einbau der neuen Deckschichten

Je nach Zustand und Stärke der verbleibenden Schichten wird eine Restlebensdauer von mindestens 6-10 Jahren vor weiteren Instandsetzungsmaßnahmen angestrebt.

DECK-/TRAGS. LKS bis LKIII



Bezeichnung empirisch

AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4

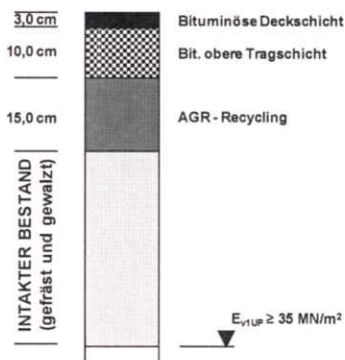
Bezeichnung funktional

AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4

Trag-/Deckschichtmaßnahme mit Abfräsen von $\geq 4-5$ cm, Reinigen und Vorspritzen sowie Einbau der neuen Tragschichten (6,8,10 cm) und Deckschichten

Je nach Zustand und Stärke der verbleibenden Schichten wird eine Restlebensdauer von mindestens 6-10 Jahren vor weiteren Instandsetzungsmaßnahmen angestrebt.

AGR – LKIII bis LKV



Bezeichnung empirisch

AC11 deck PmB45/80-65, A2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, H1, G4

Bezeichnung funktional

AC11 deck PmB45/80-65, F2, G1
AC22 bin PmB45/80-65, F3, G4

AGR Recycling - Material

Für AGR – Maßnahmen wird der Asphalt zusammen mit den ungebundenen Tragschichten gefärsst und gewalzt und darauf eine Trag- und Deckschicht aufgebracht

Die Sanierungsmethode eignet sich für die vorübergehende (nur AGR) bis dauerhafte Instandsetzung untergeordneter Straßen und ist durch (Mit-)Verwendung des vorhandenen Asphalts vergleichsweise günstig

Abb. 05 Empfohlene Instandsetzung der gebundenen Trag- und Deckschichten für Landesstraßen nach Einsatzbereich sowie Verwendung von Recyclingmaterial von Asphaltdecken

3. Oberbaubemessung

3.1 Maßgebende Belastungen

Die Belastung des Asphaltbelags verursacht Beanspruchungen, die nach einer gewissen Zeit als Schäden sichtbar werden. Gemäß ausführlichen wissenschaftlichen Untersuchungen entstehen die wesentlichen Beanspruchungen gemäß Abb. 06 an der

Oberfläche: Durch die Lasteintragung der Radsätze in den Straßenbelag entstehen resultierende Scher- bzw. Reibungskräfte sowie Abnutzung der Deckschichten (→ Oberflächenschäden)

Asphaltschicht: Maßgebend ist die Dauerfestigkeit gegenüber der Biegebeanspruchung (Risse von unten) bzw. die Lastverteilung in die darunter liegenden ungebundenen Schichten über einen ausreichenden Lagenverbund und Schichtstärken (→ Strukturschäden)

Asphalt-Temperatur: Bei großer Hitze kommt es zur Erweichung des Bitumens (→ Spurrinnenbildung), bei tiefen Temperaturen entstehen starke Längs- und Querspannungen, die aufgrund der Versprödung des Bitumens über die Zeit zunehmen und zu entsprechenden Rissen führen (→ Strukturschäden).

Die derzeit gültige RVS 03.08.63 enthält nur den Nachweis der Dauerfestigkeit der Asphaltschicht gegen Biegung und legt über diesen die erforderliche Stärke der Asphaltdecke fest. Gegen die anderen Beanspruchungen gibt es keine direkten genormten Nachweise. Den diesbezüglichen Anforderungen wird jedoch z.T. durch Normung der Baustoffqualität und Ausführung begegnet.

Maßgebende Beanspruchungen der Asphaltdecke samt ihren Auswirkungen

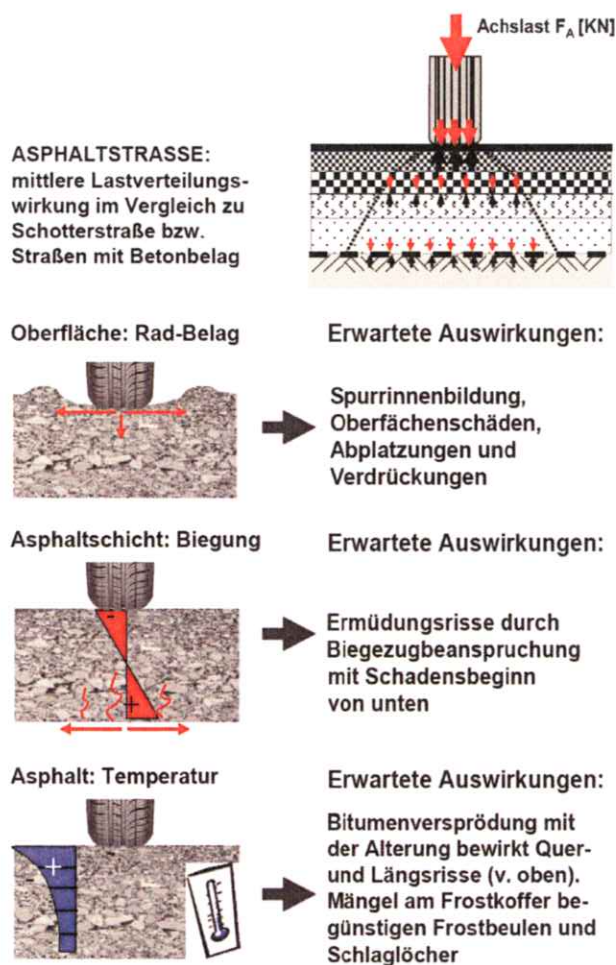


Abb. 06 Maßgebende Beanspruchungen des Straßenoberbaus als Basis für die Oberbaubemessung [HOFFMANN M. 2007]

3.2 Dimensionierung gemäß RVS 03.08.63

Das Modell der Oberbaubemessung in Österreich beruht in erster Linie auf der Beurteilung der Spannungs- und Dehnungsgrößen unter den gegebenen Einwirkungen für standardisierte Aufbauten [MOLZER C. 1996; S32-51]. Mit Hilfe dieser vereinfachten Abbildung der Wirklichkeit kann einerseits für einen gegebenen Aufbau die Zahl der ertragbaren Lastwechsel einer Normachslast von 100 kN bestimmt und andererseits zu einer gegebenen Verkehrsbelastung ein passender Oberbau ermittelt werden.

Die Tragfähigkeit eines gewählten Aufbaus gegebener Schichtfolge mit von den Bautypen der RVS 03.08.63 abweichenden Schichtstärken kann aus dem Vergleich der modifizierten strukturellen Kennzahlen SCNA gemäß Abb. 09 erfolgen. Die strukturelle Kennzahl beschreibt die Tragfähigkeit des Aufbaus und setzt sich aus den Schichtkoeffizienten mal der Schichtdicke der einzelnen Schichten zusammen. Mit der in Abb. 07 dargestellten Tabelle und Näherungsformel ist eine einfache und schnelle Ermittlung der zulässigen Bemessungsnormlastwechsel ohne Detailkenntnisse möglich.

Bautyp 1	Untergrund		ungeb. untere TS		ungeb. obere TS (KK)		bit. Decke und TS		Strukt. Kennzahl
	CBR [MN/m ²] (Frühjahr)	Korrekturf. SNsg	Stärke [cm] hi	Koeffizient ai	Stärke [cm] hi	Koeffizient ai	Stärke [cm] hi	Koeffizient ai	SNCA (SNsg + Σ ai·hi)
Lastklasse S	7	2,4	30	0,08	20	0,14	25	0,4	17,60
Lastklasse I	7	2,4	30	0,08	20	0,14	23	0,4	16,80
Lastklasse II	7	2,4	30	0,08	20	0,14	20	0,4	15,60
Lastklasse III	7	2,4	30	0,08	20	0,14	16	0,4	14,00
Lastklasse IV	7	2,4	30	0,08	20	0,14	13	0,4	12,80
Lastklasse V	7	2,4	30	0,08	20	0,14	10	0,4	11,60
Lastklasse VI	7	2,4	30	0,08	15	0,14	7	0,4	9,70
Wahlaufbau I									
Wahlaufbau II									
Wahlaufbau III									
Wahlaufbau IV									
Wahlaufbau V									

Näherungsformel für zulässige Normlastwechsel $BNLW_{zul.} = e^{[(SNC_A + 2,9761)/1,2178]} =$ [vgl. Abb. 09]

Abb. 07 Ermittlung der zulässigen Normlastwechsel für einen beliebigen Straßenaufbau

Der umgekehrte Bemessungszugang über eine bekannte Verkehrsbelastung und Geometrie des Aufbaus erfolgt über die Ermittlung des maßgebenden Bemessungsnormlastwechsels. Dabei wird versucht, die Charakteristik der Straße und der Belastung über Multiplikationsfaktoren gemäß Abb. 10 zu erfassen. Ausgehend von der in Kap. 3.3 dargestellten durchschnittlichen täglichen Schwerverkehrsbelastung $JDTLV_{ges}$ wird die Achslastverteilung des Kollektivs über Äquivalenzfaktoren in Übergänge der Normachslast von 100 kN umgerechnet.

Weiters werden die Zuwachsrate des Schwerverkehrs (vgl. Kap. 3.3), die Aufteilung des Verkehrs auf die Fahrtrichtungen (i.a. 0,5) sowie die Anzahl der Richtungsfahrtstreifen und die Breite derselben berücksichtigt. Mittels der nachfolgenden Tabelle sowie den in Abb. 10 angegebenen Werten kann die Zahl der Bemessungsnormlastwechsel BNLW sowie die entsprechende Lastklasse des Straßenaufbaus durch einfache Multiplikation ermittelt werden. Die erforderliche strukturelle Kennzahl des Aufbaus für die gegebene Verkehrsbelastung ergibt sich über die nachstehende Näherungsformel.

Bemessung	NLWtägl. (LKW)		Richtungsfaktor R		Verteilungsfaktor		Fahrspurfaktor S		Dauer n Jahre [a]	Zuwachsfaktor z Zuwachs p [%] $z = [(1+p)^n - 1] / (n \cdot p)$	BNLWgesamt $BNLW = NLW \cdot R \cdot V \cdot S \cdot 365 \cdot n \cdot z$	Last- klasse	
	Anzahl [-]	Faktor Ai [-]	Richtung 1 [-]	Richtung 2 [-]	Fahrstr. 1 [-]	Fahrstr. 2 [-]	für bf= [-]	für bf= [-]					
Bsp. Straße 1	100	0,9	0,5	0,5	1	0	1	1	20	1%	1,10	361.662	LK IV
Bsp. Straße 2	200	0,9	0,5	0,5	1	0	1	1	20	2%	1,21	798.169	LK III
Bsp. Straße 3	500	0,9	0,4	0,6	1	0	0,9	0,9	20	4%	1,49	1.760.778	LK II

LK S = 10... 25 Mio BNLW, LK I = 4... 10 Mio. BNLW, LK II = 1,3... 4 Mio. BNLW, LK III = 0,4... 1,3 Mio. BNLW, LK IV = 0,1... 0,4 Mio. BNLW, LK V = 0,05... 0,1 Mio. BNLW

Ermittlung der modifizierten strukturellen Kennzahl $SNC_A = 1,2178 \cdot \ln(BNLW) - 2,9761 =$ [vgl. Abb. 10]

Abb. 08 Ermittlung des erforderlichen Straßenaufbaus bzw. strukturellen Kennzahl aus der Verkehrsbelastung

Zulässige Verkehrsbelastung bei gegebenem Aufbau der Asphaltdecke (lt. RVS)

$$SNC_A = \sum_{i=1}^{i=n} (a_i \cdot h_i) + SN_{sg}$$

$$SN_{sg} = [3,51 \cdot \log_{10} CBR - 0,85 \cdot (\log_{10} CBR)^2 - 1,43] / 0,394$$

$$CBR_{Frühjahr} = 10 \cdot E_{dyn, Frühjahr} = 1/5 \cdot E_{V1} \quad SN_{sg} \approx 2,4$$

Bituminöse Deck- und Tragschichte (AB, BT, BTD)	$a_i = 0,40$
Obere ungeb. Tragschicht (KK)	$a_i = 0,14$
Obere ungeb. Tragschicht (RK)	$a_i = 0,10$
Obere ungeb. Tragschicht (ZGKK)	$a_i = 0,20$
Obere ungeb. Tragschicht (RA)	$a_i = 0,20$
Obere geb. Tragschicht (Zementstabilisierung)	$a_i = 0,24$
Untere ungeb. Tragschicht	$a_i = 0,08$

Lastklasse S	BNLW _{zul} = 25 Mio.	SNC _A = 17,6 (BT 1-3) bzw. 18,0 (BT 4)
Lastklasse I	BNLW _{zul} = 10 Mio.	SNC _A = 16,8 (BT 1-3) bzw. 17,2 (BT 4)
Lastklasse II	BNLW _{zul} = 4,0 Mio.	SNC _A = 15,6 (BT 1-3) bzw. 16,0 (BT 4)
Lastklasse III	BNLW _{zul} = 1,3 Mio.	SNC _A = 14,0 (BT 1-3) bzw. 14,0 (BT 4)
Lastklasse IV	BNLW _{zul} = 0,4 Mio.	SNC _A = 12,8 (BT 1-3) bzw. 12,8 (BT 4)
Lastklasse V	BNLW _{zul} = 0,1 Mio.	SNC _A = 11,6 (BT 1-3) bzw. 10,8 (BT 4)

- CBR = In-situ CBR - Wert (Untergrundtragfähigkeit)
- E_{V1} = Verformungsmodul aus Lastplattenversuch [MN/m²]
- E_{dyn} = dynamischer E-Modul [MN/m²]
- SN_{sg} = Korrekturfaktor Untergrundtragfähigkeit
- n = Anzahl Schichten
- a_i = Schichtkoeffizient Schicht i
- h_i = Schichtdicke der Schicht i [cm]
- SNC_A = modifizierte strukt. Kennzahl für Österreich
- BNLW = zulässige Bemessungsnormlastwechsel (gewählt)
- BNLW_{LKk} = zulässige BNLW nächst kleinerer Aufbau
- BNLW_{LKg} = zulässige BNLW nächst größerer Aufbau
- SNC_A = strukturelle Kennzahl gewählter Aufbau als Maß für die Tragfähigkeit des Aufbaus
- SNC_{LKk} = strukturelle Kennzahl nächst kleinerer Aufbau
- SNC_{LKg} = strukturelle Kennzahl nächst größerer Aufbau
- HDM IV = Highway Development and Management System

$$BNLW_{zul} = 10^{\log BNLW_{LKk} + (\log BNLW_{LKg} - \log BNLW_{LKk}) \cdot (SNC_A - SNC_{LKk}) / (SNC_{LKg} - SNC_{LKk})} \quad (\text{bzw. Interpolation mit})$$

$$SNC_A = 1,2178 \cdot \ln(BNLW) - 2,9761 \quad \text{bzw.} \quad BNLW = e^{[(SNC_A + 2,9761) / 1,2178]} \quad \text{logarithm. Näherung mit } R^2 = 0,9868$$

*Die Berechnungen basieren auf den in VIAPMS [WENINGER-VYCUDIL A. 2003] verwendeten Werten

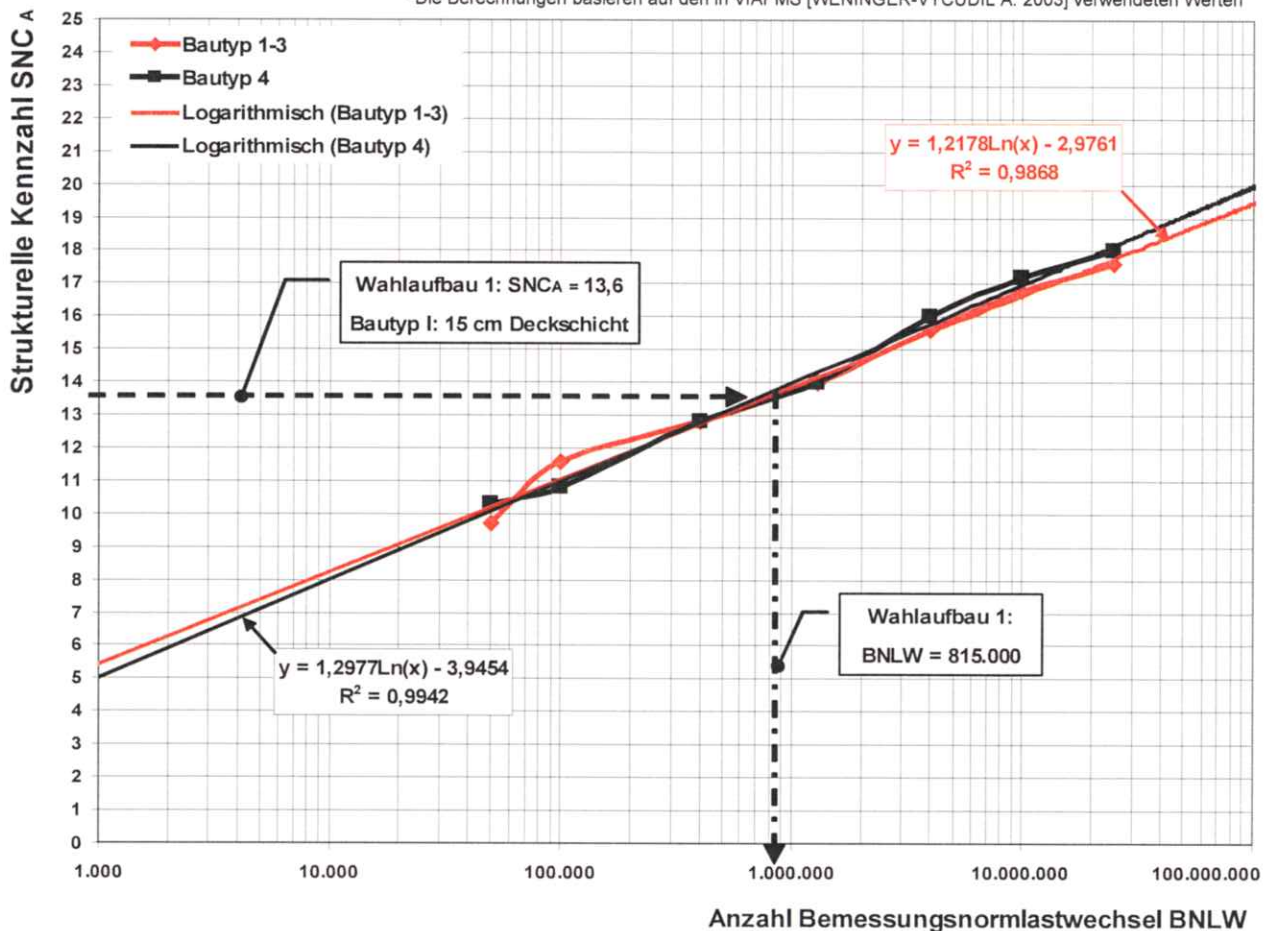


Abb. 09 Ermittlung der zuläss. Lastwechsel für einen gegebenen Aufbau über die strukturelle Kennzahl SNC_A

Erforderlicher Aufbau der Asphaltdecke bei gegebener Verkehrsbelastung (lt. RVS)

$$BNLW = NLW_{\text{tägl.}} \cdot R \cdot V \cdot S \cdot 365 \cdot n \cdot z$$

$$NLW_{\text{tägl.}} = \sum JDTV_i \cdot \ddot{A}_i \quad \text{bzw.} \quad = JDTV_{\text{ges}} \cdot \ddot{A}_{JDTV}$$

$$z = (q^n - 1) / [n \cdot (q - 1)] \quad \text{mit } q = 1 + p/100$$

BNLW = Bemessungsnormlastwechsel [-]

NLW_{tägl.} = durchschnittl. tägliche Normlastwechsel (100 KN)

Ä_i = mittlerer Äquivalenzwert der Fahrzeugkategorie [-]

JDTV_{ges} = jährl. durchschnittl. tägl. Lastverkehr je 24 Stunden [LKW/24h]

Ä_{JDTV} = mittlerer Äquivalenzwert des Lastkollektivs je Straßenart [-]

R = Richtungsfaktor für Aufteilung Lastverkehr auf Fahrrichtungen
i.a. 0,5 bei gleichmäßiger Verteilung auf beide Fahrrichtungen [-]

V = Faktor für die Verteilung des Verkehrs auf die Richtungsfahrfstreifen
1,0 bei 1 bis 2 Richtungsfahrfstreifen, 0,9 bei 3 oder mehr RFST [-]

S = Faktor zur Berücksichtigung der Fahrspurverteilung [-]

n = Dauer der Bemessungsperiode in Jahren n=20 Jahre für bituminöse Befestigungen bzw. 30 Jahre für Betondecken [a]

z = Zuwachsfaktor unter Berücksichtigung der jährlichen Zuwachsrate des Verkehrs (p = 3 % Straßen A+S und 1 % für Straßen B+L) [-]

* Bei den erforderlichen Oberbaudicken kann der zulässige Wert für die BNLW um bis zu 10 % überschritten werden

Äquivalenzwert Ä_i

- 0,70 LKW ohne Anhänger
- 1,20 LKW mit Anhänger bzw. Sattelzug
- 0,60 BUS
- 0,80 Städtischer Niederflurbus
- 1,40 Städtischer Niederflurgelenksbus

Äquivalenzwert Ä_{JDTV}

- 0,90 sonstige Straßen
- 1,00 Straßen A+S

Fahrspurfaktor S

- 1,00 bei Fahrfstreifenbreite b_f < 3,00 m
- 0,90 bei Fahrfstreifenbreite b_f = 3,00 m
- 0,85 bei Fahrfstreifenbreite b_f = 3,25 m
- 0,80 bei Fahrfstreifenbreite b_f = 3,50 m
- 0,75 bei Fahrfstreifenbreite b_f = 3,75 m
- 0,70 bei Fahrfstreifenbreite b_f ≥ 3,75 m

Zuwachsfaktor z (bei n = 20 Jahren)

- 1,00 bei Verkehrszuwachs p = 0%
- 1,10 bei Verkehrszuwachs p = 1%
- 1,22 bei Verkehrszuwachs p = 2%
- 1,34 bei Verkehrszuwachs p = 3%
- 1,49 bei Verkehrszuwachs p = 4%
- 1,65 bei Verkehrszuwachs p = 5%
- 1,84 bei Verkehrszuwachs p = 6%

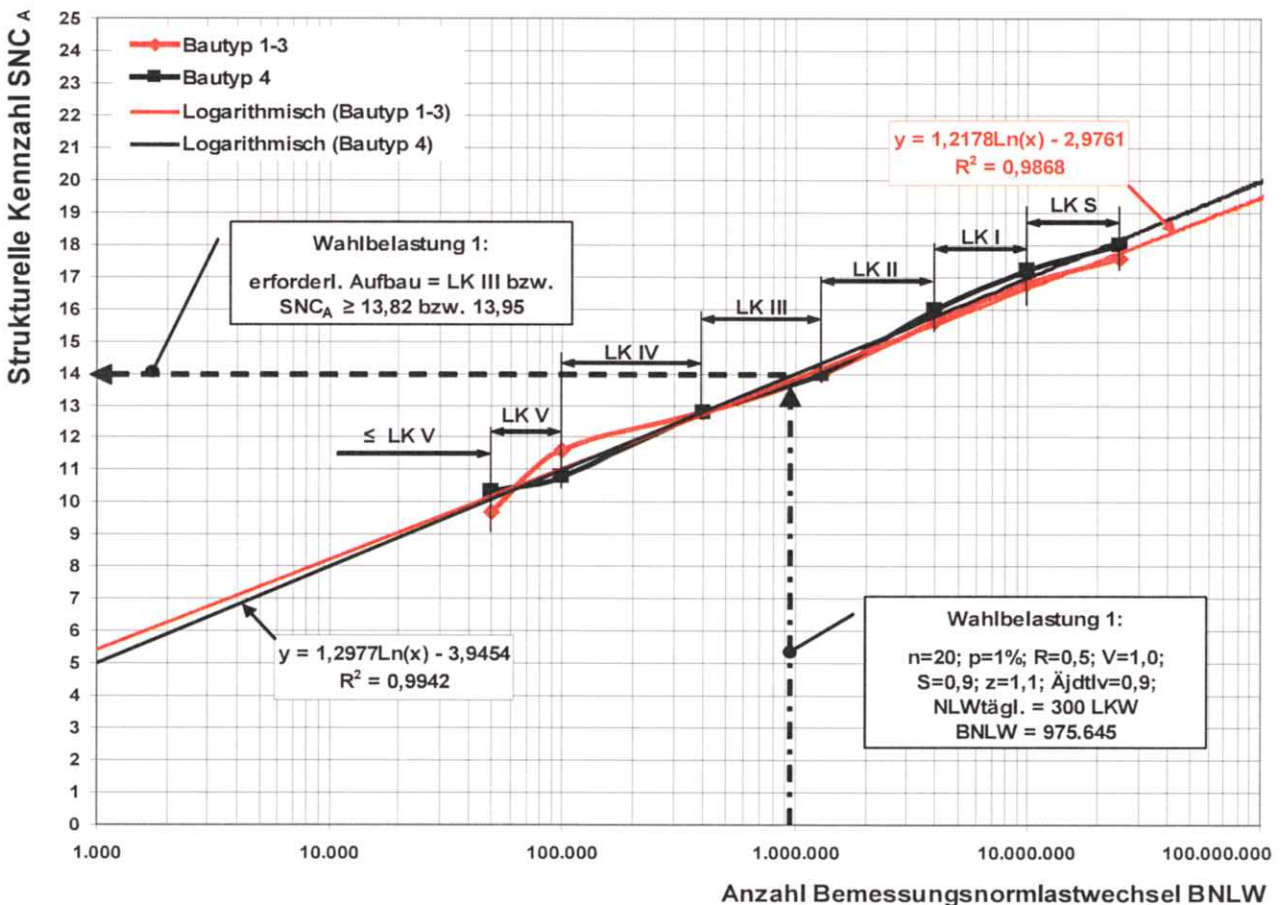


Abb. 10 Ermittlung des erforderlichen Regelaufbaus über die gegebene Verkehrsbelastung lt. RVS 03.08.63

3.3 Ermittlung der Verkehrsbelastung

Über die Ermittlung der tatsächlichen Schädigung des Straßenoberbaus durch den LKW gibt es eine Vielzahl an Untersuchungen, die eine Reihe von Faktoren wie Achslast, Reifendruck etc. berücksichtigen [MOLZER 1996, BLAB 2001, BAST 2006]. Die berühmteste Untersuchung stammt aus den USA (AASHTO - Road Test 1954). Vereinfacht nehmen Strukturschäden mit der 4. Potenz der Achslast und Oberflächenschäden mit der 2. Potenz der Achslast zu. Dies bedeutet, daß eine Verdoppelung der Achslast die 16-fachen Struktur- und 4-fachen Oberflächenschäden bewirkt [Abb. 11].

In der Dimensionierung des Straßenoberbaus kommt der Ermittlung der maßgebenden Verkehrsbelastung eine wesentliche Rolle zu. In der RVS wird der tatsächliche LKW - Verkehr in Überrollungen einer fiktiven Normachslast von 100 kN mit einem Schadensausmaß von 1,0 umgerechnet. Üblicherweise kann vereinfacht an Autobahnen und Schnellstraßen ein Äquivalenzwert \ddot{A}_{JDTLV} von 1,0 und an sonstigen Straßen von 0,9 angesetzt werden. Mit den höheren zulässigen Gesamtgewichten und Achslasten in der EU muß jedenfalls mit deutlich höheren Äquivalenzwerten gerechnet werden.

Der Berücksichtigung der tatsächlichen Zunahme des LKW - Verkehrs kommt bei der Bemessung ebenfalls eine wesentliche Rolle zu. Falls keine Werte aus Prognosen oder Zählungen vorliegen, empfiehlt die RVS 03.08.63 die Annahme einer jährlichen Zunahme p von 3% für Autobahnen und Schnellstraßen und von 1% für sonstige Straßen. Zur Überprüfung dieser Werte wurde die Schwerverkehrsbelastung am Netz der steirischen Landesstraßen auf Basis der vorhandenen Daten für einen Zeitraum von 1996... 2005 ausgewertet [Abb. 13] und in einer Übersichtskarte [Abb. 14] dargestellt.

Tatsächlich zeigt sich, daß die mittlere Zuwachsrate auf Landesstraßen L bei nur 0,2% p.a. liegt, während auf Landesstraßen B mit rund 2,0% zu rechnen ist [HOFFMANN 2007]. An den einzelnen Straßenabschnitten kann es zudem zu größeren Abweichungen nach oben oder unten kommen. Für die Bemessung des Straßenoberbaus soll in Zukunft die tatsächliche Zunahme des Schwerverkehrs auf Basis der jeweils letzten verfügbaren Karte berücksichtigt werden. Dies hat neben einer genaueren Bemessung den Vorteil, daß sich geringere Abweichungen der Lebensdauern im Betrieb ergeben, was konstantere Instandsetzungsintervalle bewirkt. Zusammen mit den fundamentalen Zusammenhängen aus Laborversuchen ist damit in Zukunft eine bessere Zustandsprognose möglich.

Abhängigkeit der Bruchlastwechselzahl im dynamischen Spaltzugversuch bei $f=10$ Hz nach Temperatur und Spannung [BAST 2006]

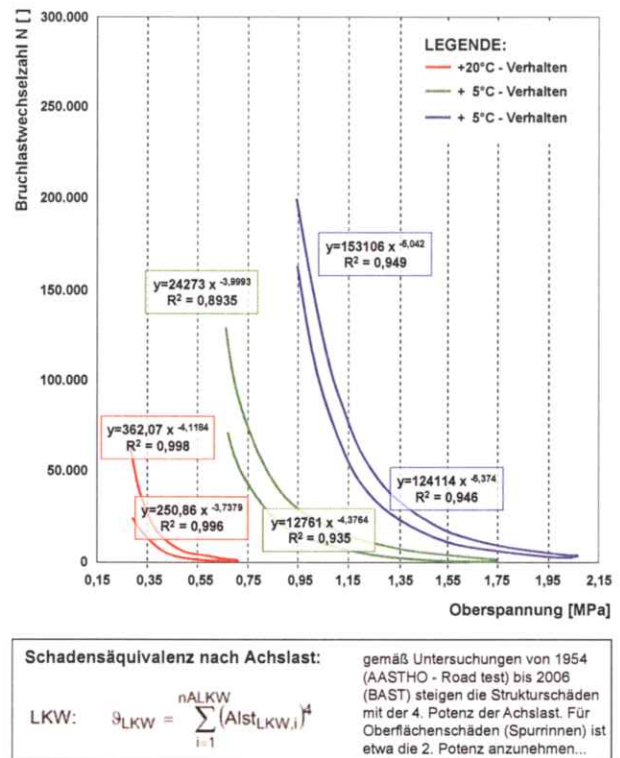
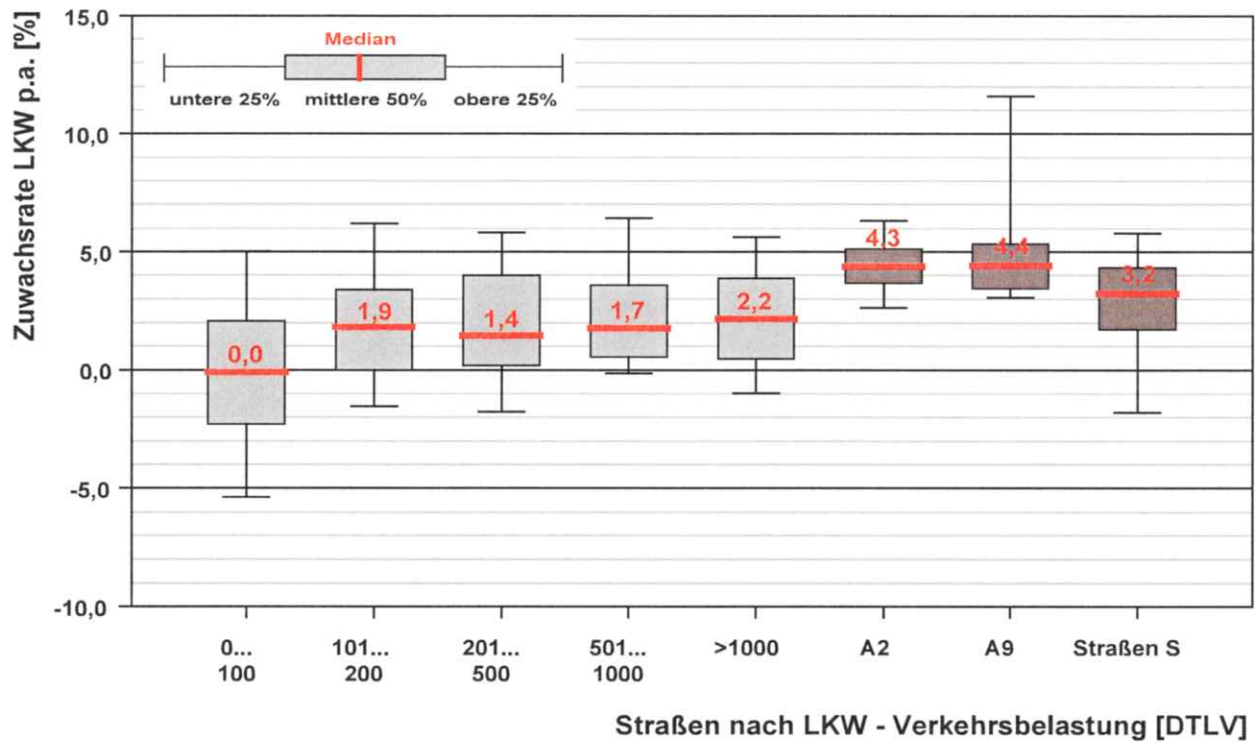


Abb. 11 Zusammenhang von Bruchspannung und Bruchlastwechselzahl bzw. der Schadensäquivalenz nach Achslast mit dem 4. Potenz-Gesetz [BAST 2006 u.a.]



Abb. 12 Schwerverkehrsbelastung 2005 und relativer Verkehrszuwachs pro Jahr (1996-2005) in der Steiermark

Zuwachsraten LKW auf Landesstraßen B (Stmk.)



Zuwachsraten LKW auf Landesstraßen L (Stmk.)

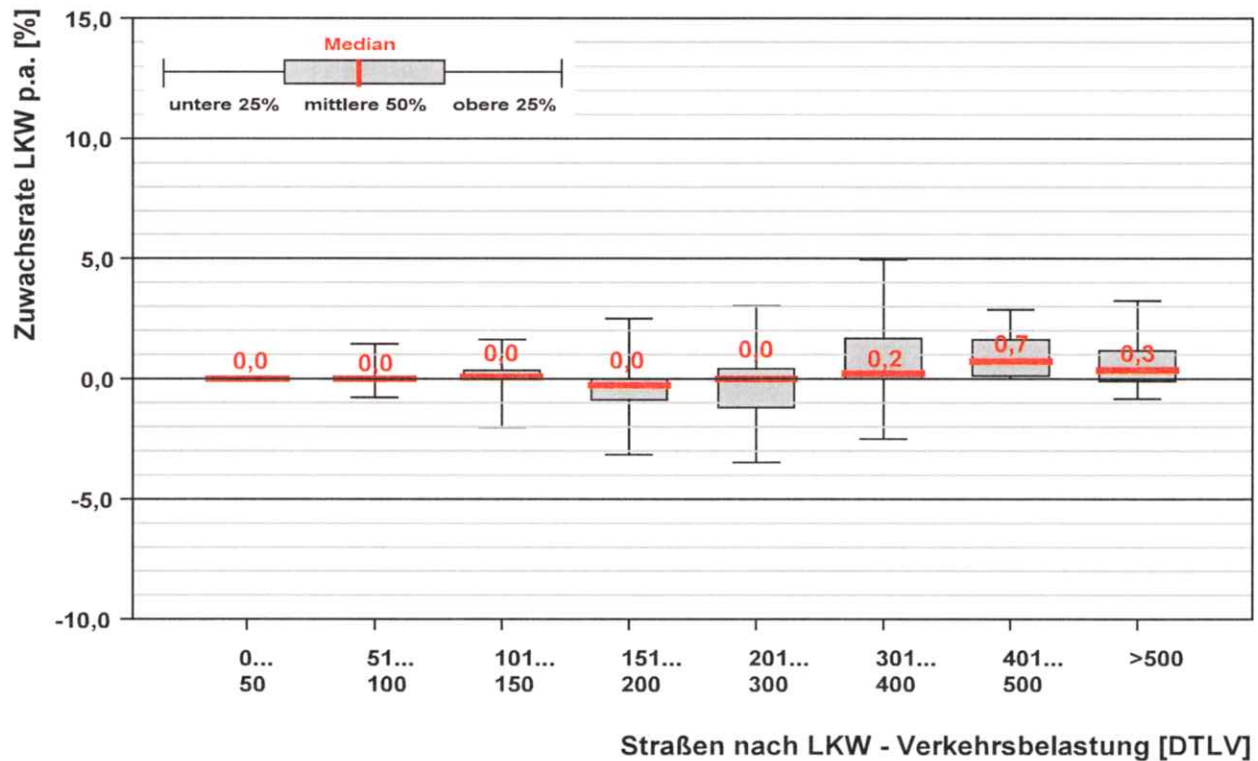


Abb. 13 Zuwachsraten im LKW - Verkehr auf Landesstraßen, Autobahnen und Schnellstraßen (1996-2005)

3.4 Wirtschaftliche Dimensionierung

In komplexen Entscheidungssituationen mit mehreren Lösungsmöglichkeiten kommt Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen eine hohe Bedeutung zu. So listet z.B. die RVS 02.01.22 eine Reihe von Verfahren als Entscheidungshilfe auf. Neben einem reinen Vergleich von Nutzen und Kosten (in Geldeinheiten) über den Vergleich der Barwerte und Annuitäten bzw. einer Verhältniszahl (NKV) werden auch Verfahren zur Berücksichtigung sonstiger nicht in Geld bewertbarer Auswirkungen beschrieben. Für den einfachen Investitionsvergleich im Bereich des Oberbaus von Asphaltstraßen reicht jedoch ein Vergleich der Barwerte und Annuitäten unter Berücksichtigung von Zinssätzen aus.

In Abb. 16 (oben) ist das Prinzip von Barwert und Annuität samt Formeln dargestellt. Der Barwert beschreibt vereinfacht den jetzigen Wert aktueller und künftiger Zahlungen, wobei künftige Zahlungen jetzt umso günstiger sind, je weiter in der Zukunft sie erfolgen (weil das Geld inzwischen angelegt werden könnte). Die Annuität beschreibt vereinfacht die jährlichen Kosten bzw. Rückzahlungsrate für die Aufnahme einer bestimmten Kreditsumme und Laufzeit.

Auf dieser Basis kann nun auch die Wirtschaftlichkeit verschiedener Oberbauten verglichen werden. Dazu wird gemäß Abb. 16 (unten) von einem gemäß RVS 03.08.63 auf 20 Jahre dimensionierten Oberbau der Lastklasse IV ausgegangen (Typ 1). Mit den in Kap. 3.2 angegebenen Verfahren kann die um 48% verringerte Zahl der Lastwechsel für Typ 2 bei Verwendung von Rundkorn statt Kantkorn berechnet werden. Die um rund 42,5% höheren jährlichen Kosten zeigen, daß die vermeintliche Einsparung tatsächlich teuer erkaufte ist.

Erfolgt eine „Überdimensionierung“ um eine Lastklasse (Typ 3-4), so zeigt sich, daß nicht nur die Anzahl der Normlastwechsel und Lebensdauer (unter Vermeidung von Strukturschäden) drastisch ansteigen, sondern die jährlichen Kosten um 31... 35% niedriger und Typ 3-4 damit deutlich wirtschaftlicher als Typ 1-2 sind. Da jedoch Deckschichtmaßnahmen nach 15... 25 Jahren erforderlich sind und die Tragschicht nicht ewig hält, können real Einsparungen von immer noch ca. 15... 20% erzielt werden. Zwei Oberbauvarianten mit unterschiedlichen Investitionszeitpunkten und Lebensdauern können ebenfalls verglichen werden [Abb. 15]. Das Ergebnis zeigt, daß Variante 2 bei einem üblichen Kapitalzinssatz von 4% in Summe um 14% günstiger ist. Umgelegt auf einen Kilometer Landesstraße mit 6 m Breite können mit der Variante 2 gegenüber Variante 1 in einem Vergleichszeitraum von 20 Jahren rund 50.000 € an Einsparungen erzielt werden.

Investitionsvergleich Oberbauvarianten

Variante 1:

Standardaufbau und Dimensionierung gemäß RVS 03.08.63 auf 20 Jahre bei 4% Kapitalzinssatz für alle Varianten

$$\begin{aligned} \text{LK III: } \text{SNC}_{\text{Vorh.}} &= 14,00 \quad [\text{Kap. 3.2}] \\ \text{BNLW}_{\text{Vorh.}} &= e^{((14+2,9761)/1,2178)} \\ &= 1.132.540 \\ \text{Lebensdauer } a &= 20 \text{ Jahre} \end{aligned}$$

$$\text{Kosten}_{\text{neu}} = 44 \text{ €/m}^2 \quad [\text{Kap. 5.3}]$$

$$\begin{aligned} \text{Barwert V1} &= 44,00 \text{ €/m}^2 \text{ (20 Jahre)} \\ &= 11,5\% \text{ billiger in der Anschaffung} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Annuität V1} &= 44,00 (0,04 \cdot 1,04^{20}) / \\ &(1,04^{20} - 1) = 3,24 \text{ €/m}^2 \end{aligned}$$

Variante 2:

Stärkerer Aufbau mit Dimensionierung auf 30 Jahre + Deckschichtmaßnahme nach 20 Jahren mit 10 Jahre Wirkdauer

$$\begin{aligned} \text{LK III+: } \text{BNLW}_{\text{err.}} &= 1.132.540 \cdot 30/20 \\ &= 1.698.810 \\ \text{SNC}_{\text{err.}} &= 1,2178 \cdot \text{Ln}(1.698.810) \\ &= 2,9761 \\ &= 14,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Verstärkung} &= (14,49 - 14,0) / 0,4 \\ &= +1,25 \text{ cm Asphalt} \\ \text{Kosten}_{\text{neu}} &= 44 + 1,25 \cdot 1,5 = 45,85 \text{ €/m}^2 \\ \text{DS - Maßnahme} &= 7,00 \text{ €/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Barwert V2} &= 45,85 + 7 \cdot (1+0,04)^{-20} \\ &= 49,05 \text{ €/m}^2 \text{ (30 Jahre)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Annuität V2} &= 49,05 (0,04 \cdot 1,04^{30}) / \\ &(1,04^{30} - 1) = 2,84 \text{ €/m}^2 \\ &= 14,1\% \text{ billiger im Lebenszyklus} \end{aligned}$$

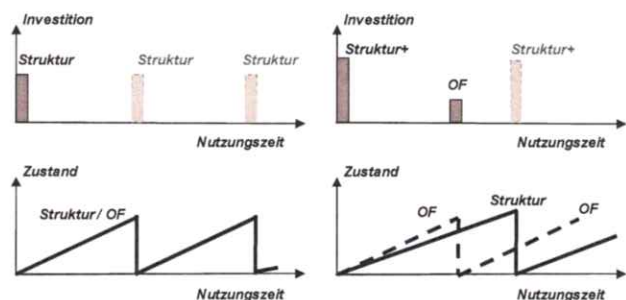
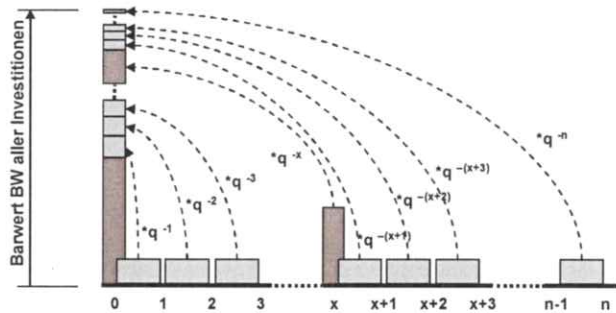


Abb. 14 Investitionsvergleich zwischen einem Aufbau lt. RVS und einer verstärkten Variante samt Deckschichtmaßnahme

Wirtschaftlicher Vergleich von unterschiedlichen Investitionen

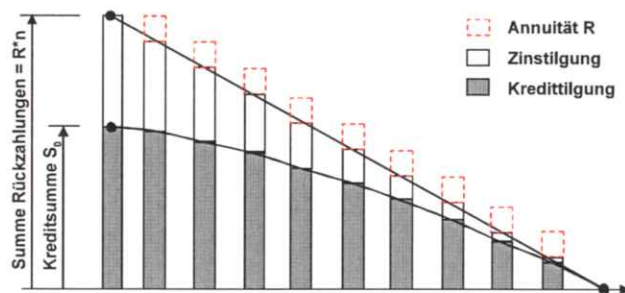


Ermittlung des Barwertes:

$$BW = I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} I_x * q^{-t} + \sum_{t=0}^{t=n} B_x * q^{-t}$$

Beschreibt den aktuellen Wert aller Investitionen von jetzt (t=0) bis zu einem beliebigen Zeitpunkt (t=n)

I, B... aktuelle und künftige Investitionen
 q ... Zinsfaktor = (1+i) i = Zinssatz (3... 5%)



Ermittlung der Annuität:

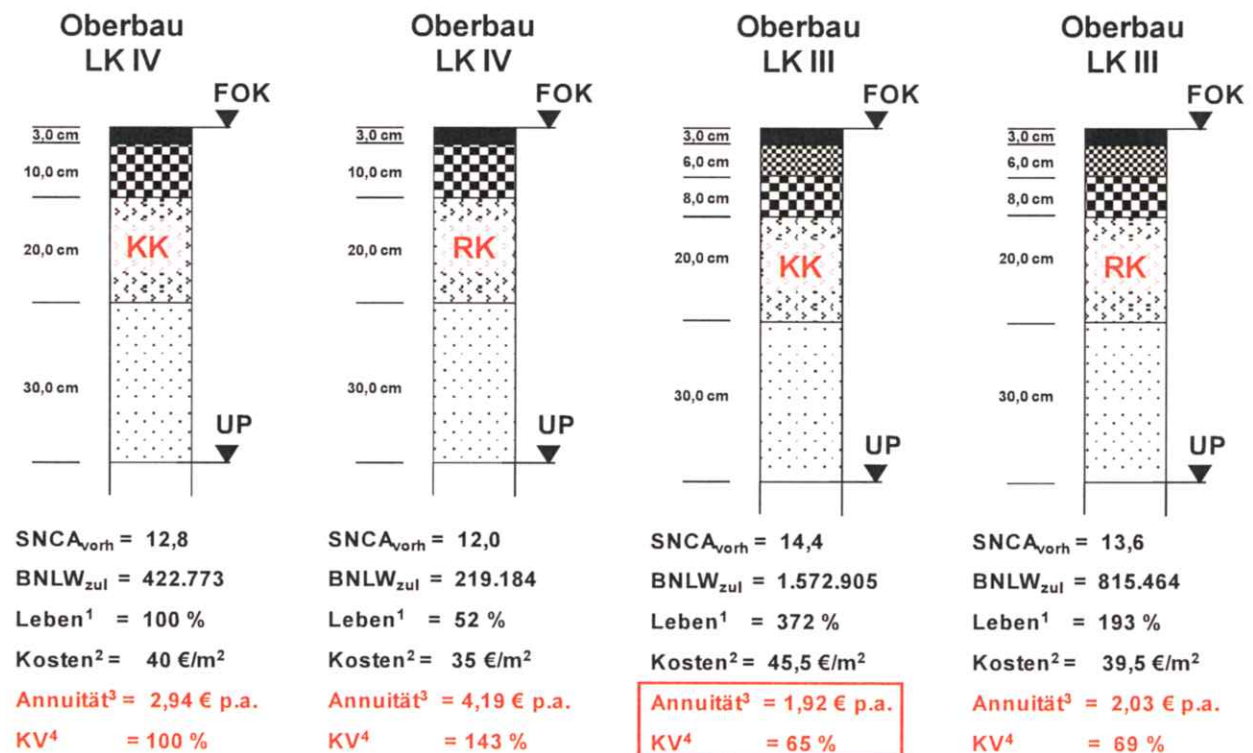
$$R = S_0 * (i * q^n) / (q^n - 1)$$

Beschreibt die jährlichen fixen Rückzahlraten R bei gegebener Kreditlaufzeit n und Kreditsumme S_0

$$n = - \log [1 - (i * S_0 / R)] / \log (1+i)$$

Beschreibt die Kreditlaufzeit bei gegebener Rückzahlrate R, Kreditsumme S_0 und Zinssatz i

Wirtschaftlicher Vergleich unterschiedlicher Oberbauvarianten



¹ Rechn. Lebensdauer lt. RVS 3.63 auf 20 Jahre = 100% (Ermüdungsbelastung Tragstruktur) ² Kosten ab Unterbauplanum ³ Annuität mit 4% Zinsen
⁴ Tatsächliche Einsparungen sind aufgrund erforderl. Deckschichtmaßnahmen und max. Lebensdauer der Tragstruktur von ca. 40-50 Jahren kleiner

Abb. 15 Wirtschaftlicher Vergleich von Investitionen bzw. von Oberbauvarianten [HOFFMANN M. 2007]

4. Anhang

4.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 01	Strassenbefestigungen im Überblick nach Einsatzgebiet sowie Vor- und Nachteilen [HOFFMANN M. 2007]	3
Abb. 02	Bezeichnung des Asphaltmischgutes gemäß den einschlägigen Normen [BLAB 2007, HOFFMANN 2008]	5
Abb. 03	Modell der Eislinsenbildung im Untergrund und Frosthebung des Oberbaus [HOFFMANN M. 2006]	6
Abb. 04	Empfohlene Bautypen und Lastklassen für Landesstraßen nach Einsatzbereich	8
Abb. 05	Empfohlene Instandsetzung der gebundenen Trag- und Deckschichten für Landesstraßen nach Einsatzbereich sowie Verwendung von Recyclingmaterial von Asphaltdecken	9
Abb. 06	Maßgebende Beanspruchungen des Straßenoberbaus als Basis für die Oberbaubemessung [HOFFMANN M. 2007]	10
Abb. 07	Ermittlung der zulässigen Normlastwechsel für einen beliebigen Straßenaufbau	11
Abb. 08	Ermittlung des erforderlichen Straßenaufbaus bzw. strukturellen Kennzahl aus der Verkehrsbelastung	11
Abb. 09	Ermittlung der zul. Lastwechsel für einen gegebenen Aufbau über die strukturelle Kennzahl SNCA	12
Abb. 10	Ermittlung des erforderlichen Regelaufbaus über die gegebene Verkehrsbelastung lt. RVS 03.08.63	13
Abb. 11	Zusammenhang von Bruchspannung und Bruchlastwechselzahl bzw. der Schadensäquivalenz nach Achslast mit dem 4. Potenz-Gesetz [BAST 2006 u.a.]	14
Abb. 12	Schwerverkehrsbelastung 2005 und relativer Verkehrszuwachs pro Jahr (1996-2005) in der Steiermark 16	
Abb. 13	Zuwachsraten im LKW - Verkehr auf Landesstraßen, Autobahnen und Schnellstraßen (1996-2005)	16
Abb. 14	Investitionsvergleich zwischen einem Aufbau lt. RVS und einer verstärkten Variante samt Deckschichtmaßnahme	17
Abb. 15	Wirtschaftlicher Vergleich von Investitionen bzw. von Oberbauvarianten [HOFFMANN M. 2007]	18

4.2 Literaturverzeichnis

- BAST (2006): „Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes“; Schlußbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen BAST; Bergisch - Gladbach; 2006
- BLAB R. (2007): „Asphalt - empirisch oder fundamental?; Vortrag anlässlich der GESTRATA - Tagung in Graz; 2007
- HOFFMANN M. (2006): „Instandsetzung von Straßen - Ein Beitrag zur Lebenszykluskostenrechnung und effizienten Instandsetzungsstrategien für Landes- und Gemeindestraßen“; Dissertation an der TU-Graz; Graz, 2006
- HOFFMANN M. - KERLER A. (2007): „Entwurf und Erhaltung von Verkehrsanlagen“; Vorlesungsskript an der TU - Graz; Sommersemester 2007
- KOSTJAK M. - PIBER H. (2007): „Asphaltstraßenbau - Umsetzung der neuen Anforderungen“; Vortrag ; Graz; 2007
- KRAUSE G. (2001): „Systematische Straßenerhaltung und Pavement-Management-System“; Vorlesungsskript; 2001
- MOLZER C.(1996): Modifikation der Österreichischen Bemessungsmethode für Oberbauten mit bituminösen Befestigungen; Mitteilungen des Instituts für Straßenbau und Straßenerhaltung der Technischen Universität Wien Heft Nr. 6; Wien; 1996
- NAGELSCHMIED A. (2008): „Das Steirische Gesamtverkehrskonzept 2008+“; Herausgegeben vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung - Fachabteilung 18A - Gesamtverkehr und Projektierung; Graz; 2008
- NÖHRER F. (2008): „life cycle costs von Straßenbrücken im Stmk. Landesstraßennetz unter besondere Berücksichtigung der Instandsetzung und eine gesamtheitliche Kostenplanung der Infrastruktur der Landesstraßen Steiermark“; Diplomarbeit an der TU Graz; St. Johann in der Haide; 2008
- ROSSBACHER H. (2007): „Instandsetzungsstrategien für Landesstraßen B+L in der Steiermark“; GESTRATA - Vortragsreihe; Graz; 2007
- STADT GRAZ (2007a): „Regelquerschnitte für Straßen der Stadt Graz“; Richtlinie Version 01; Stand 01/2007
- STADT GRAZ (2007b): „Aufgrabungsrichtlinie der Stadt Graz“; Richtlinie Version 01; Stand 01/2007