

**Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement  
Bundesamt für Strassenbau**

**Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie  
Office fédéral des routes**

**Dipartimento federale dei trasporti, delle comunicazioni e delle energie  
Ufficio federale delle strade**

# **Dimensionierung Ausarbeiten des Katalogs der Oberbautypen**

**Dimensionnement  
Elaboration du catalogue des types de superstructure**

**Mathias Blumer, Dipl.-Ing. ETH, Hünibach  
Linus B. Fetz, Bauing. ETH/SIA, Wildegg**

**Forschungsauftrag 3/84 auf Antrag der  
VSS Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute**

**Januar 1988**

FORSCHUNGSSTELLEN

MATHIAS BLUMER, DIPL.-ING. ETH, HÜNIBACH

LINUS B. FETZ, BAUING. ETH/SIA, WILDEGG

---

DIMENSIONIERUNG, AUSARBEITEN DES KATALOGS  
DER OBERBAUTYPEN

DIMENSIONNEMENT, ELABORATION DU CATALOGUE  
DES TYPES DE SUPERSTRUCTURE

EIDGENÖSSISCHES VERKEHRS- UND ENERGIEWIRTSCHAFTS-  
DEPARTEMENT

FORSCHUNGS-AUFTRAG Nr. 3/84

## Inhalt

	Zusammenfassung	3
1	Einleitung	5
1.1	Auftrag	5
1.2	Ausgangslage	5
1.3	Ziel und Vorgehen	7
2	Dimensionierungsgrundlagen	8
2.1	Bodentragfähigkeit	8
2.2	Aequivalente Verkehrslast	10
2.3	Oertliche Bedingungen	11
2.4	Befahrbarkeitsindex	12
3	Tragfähigkeitsdimensionierung Oberbautypen mit bituminösem Belag	12
3.1	Bestimmung des erforderlichen Stärkenindex	12
3.2	Bestimmung der erforderlichen Schichtdicken	14
3.3	Materialkoeffizienten	15
3.4	Zur Anwendung des Typenkataloges	19
3.5	Konzeption des bituminösen Belages	21
3.6	Wie können andere Einflussgrößen berücksichtigt werden?	24
4	Tragfähigkeitsdimensionierung der Oberbautypen mit Betonbelag	26
4.1	Bestimmung der Plattendicke nach AASHTO	26
4.2	Tragfähigkeitserhöhung durch Fundamentalschichten	30
4.3	Belags- und Schichtdicken	33
4.4	Belagsqualität	34
5	Frostdimensionierung	35
5.1	Einflussfaktoren	35
5.2	Dimensionierung auf verminderte Tragfähigkeit	35
	Literaturangaben	37

## Anhang:

### Einzelblätter des Typenkataloges

- 1.1 - 1.6 Oberbautypen 1-6 mit bituminösem Belag
- 2.1 - 2.6 Rückseite der Typenblätter 1-6
- 3.1 - 3.5 Oberbautypen 11-15 mit Betonbelag

### Zusammenfassung

Die Norm SN 640 324, Dimensionierung des Strassenoberbaus, soll als Typenkatalog gestaltet werden. Diese vereinfachte Darstellung ermöglicht es, bei gegebener Planumstragfähigkeit und Verkehrslast unter Oberbautypen gleicher Tragfähigkeit zu wählen. Der Katalog wird vorläufig 6 Oberbautypen mit bituminösem Belag und 5 Oberbautypen mit Betonbelag enthalten.

Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl des für die Dimensionierung der Oberbautypen anzuwendenden Verfahrens sind im Rahmen der Forschungsarbeit 33/80 sechs verschiedene Dimensionierungsmethoden verglichen worden. Aufgrund der Ergebnisse dieser Forschungsarbeit hat die mit der Revision der Dimensionierungsnormen betraute VSS-Kommission 273 D beschlossen, die Berechnung der Schichtdicken im Katalog der Oberbautypen habe nach den Richtlinien des AASHTO-Interim Guide zu erfolgen und es seien die Erfahrungen im Bau und Betrieb der schweizerischen Strassen zu berücksichtigen.

Der Forschungsauftrag hatte zum Ziel, den vorgesehenen Katalog der Oberbautypen zu schaffen. Die transparente Darstellung der Grundlagen des Kataloges und des Berechnungsganges sollte ermöglichen, die Dimensionierung nachzuvollziehen und für modifizierte Oberbautypen zu interpolieren. Sie sollte zudem gestatten, weitere Oberbautypen zur Ergänzung des Kataloges zu schaffen und die Berechnung der Schichtdicken nach demselben Schema vorzunehmen.

Im ersten Teil des Berichtes werden die Parameter definiert, welche zum Einstieg in den Typenkatalog benützt werden:

- Tragfähigkeitsklassen S1...S4 in Funktion des CBR-Wertes oder des k-Wertes oder des  $M_E^c$ -Wertes
- Verkehrslastklassen T1...T5 in Funktion der täglichen äquivalenten Verkehrslast TF.

Für die Tragfähigkeitsdimensionierung der Oberbautypen mit bituminösem Belag ist der erforderliche Stärkenindex SN mittels eines dem AASHTO-Interim Guide entnommenen Nomogrammes zu bestimmen. Der Stärkenindex

ist definiert als Summe der Dicken der einzelnen Oberbauschichten multipliziert mit den entsprechenden Materialkoeffizienten  $a$ . Im Bericht wird angegeben, welche Materialkoeffizienten der Berechnung der Schichtdicken zugrunde gelegt worden sind. Zudem wird beschrieben, welche Faktoren für die Aufteilung des Belages in einzelne Schichten und die Wahl der Mischguttypen und -sorten massgebend sind.

Bei der Tragfähigkeitsdimensionierung der Oberbautypen mit Betonbelag erfolgt die Bestimmung der Plattendicke mittels eines Diagrammes, das dem AASHTO Interim Guide entnommen worden ist. Eingangsgrössen sind der  $k$ -Wert der Unterlage und die tägliche äquivalente Verkehrslast  $TF$ . In welchem Mass eine Kiessandfundationsschicht bzw. eine hydraulisch stabilisierte Schicht die Tragfähigkeit zu verbessern vermag, wird im Bericht erläutert. Zudem finden sich Hinweise zu den erforderlichen Minstdicken des Betonbelages und zur Belagsqualität.

Sofern bei frostempfindlichen Böden der Klassen G3 und G4 keine andern vorbeugenden Massnahmen zur Verhütung von Frostschäden getroffen worden sind, ist der Oberbau so zu dimensionieren, dass trotz der Tragfähigkeitsdimensionierung beim Auftauen keine Schäden entstehen. Die bei einer Frostdimensionierung erforderliche Oberbaudicke ist proportional zur Frosteindringtiefe  $X_{30}$ . Die Proportionalitätsfaktoren  $f$  hängen von der Frostempfindlichkeit des Bodens, vom Frostindex der Strasse und vom Oberbautyp ab. In den Typenblättern, welche dem Bericht angehängt sind, werden die Frostdimensionierungsfaktoren angegeben.

## 1. Einleitung

### 1.1 Auftrag

Mit Schreiben vom 22. Januar 1984 hat das Bundesamt für Strassenbau die Herren M. Blumer, dipl.-Ing. ETH, Hünibach, und L.B. Fetz, Bauing. ETH, Betonstrassen AG, Wildegg, beauftragt, einen Katalog der Oberbautypen zu schaffen, der es erlaubt, die Dimensionierung nachzuvollziehen und für modifizierte Oberbautypen zu interpolieren. Das Gesuch ist am 25. August 1983 der VSS-Kommission 12, Dimensionierung (neue Bezeichnung: VSS-Kommission 273 D) eingereicht worden.

Die beiden Forschungsstellen haben sich die Arbeiten wie folgt aufgeteilt:

- M. Blumer, Oberbautypen mit bituminösem Belag
- L.B. Fetz, Oberbautypen mit Zementbetonbelag.

### 1.2 Ausgangslage

Die VSS-Kommission 273 D, Dimensionierung, beabsichtigt, die Norm SN 640 324 als Typenkatalog zu gestalten. Die vereinfachte Darstellung in Form eines Typenkataloges ermöglicht es, bei gegebener Plannumstragfähigkeit und Verkehrslast unter Oberbautypen gleicher Tragfähigkeit zu wählen. Der Katalog soll (vorläufig) die folgenden Oberbautypen enthalten:

#### Oberbautypen mit bituminösem Belag auf ....

- 1 Kiessand
- 2 Heissmischfundationsschicht HMF und Kiessand
- 3 Heissmischfundationsschicht HMF
- 4 Hydraulisch stabilisierten Schichten HST und Kiessand
- 5 Hydraulisch stabilisierten Schichten HST
- 6 Kiessand und hydraulisch stabilisierten Schichten (Sandwich)

Oberbautypen mit Betonbelag auf ....

- 11 Kiessand
- 12 Heissmischtragschicht HMT und Kiessand
- 13 Hydraulisch stabilisierten Schichten HST und Kiessand
- 14 Hydraulisch stabilisierten Schichten HST
- 15 Planum

Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl des für die Dimensionierung der verschiedenen Oberbautypen anzuwendenden Verfahrens sind im Rahmen der Forschungsarbeit 33/80 [1] die nachstehenden Dimensionierungsmethoden verglichen worden:

- Dimensionierungsnormen der VSS (SN 640 315 - SN 640 328, 1971)
- AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures, 1972 [2]
- Road Note 29, 1970 (GB)
- Thickness Design for Soil-Cement Pavements, PCA, 1970
- Thickness Design for Concrete Pavements, PCA, 1966
- Shell Pavement Design Manual.

Bei gleichen Voraussetzungen haben sich bei den Oberbautypen mit bituminösem Belag mit der Anwendung der verschiedenen Dimensionierungsverfahren zum Teil sehr grosse Unterschiede der Schichtdicken ergeben. Bei den Oberbautypen mit Betonbelag waren die Unterschiede im allgemeinen gering.

Die in [2] beschriebene AASHTO-Methode zur Dimensionierung des Strassenoberbaus bildet die Grundlage für die 1971 beschlossenen und derzeit noch gültigen Schweizerischen Dimensionierungsnormen. Zu deren Ueberprüfung sind im Rahmen der Forschungsaufträge 26/67 und 17/73 [3] ausgewählte Strassenabschnitte beobachtet worden. Ziel des zweiten Forschungsauftrages war, die Beobachtung des Verhaltens ausgewählter Strassenabschnitte fortzusetzen, die Resultate zur Ueberprüfung der bestehenden Dimensionierungsnormen zu verwenden und durch Aufnahme neuer Abschnitte das Spektrum der verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten zu erweitern.

In den Schlussfolgerungen zum Forschungsauftrag 17/73 vom März 1981 [3] wird zur Ueberprüfung der Dimensionierungsmethode festgehalten:

"Die bisherigen Ergebnisse auf Strassen mit bituminösen Belägen und auf Strassen mit Betonbelägen zeigen im allgemeinen ein gutes Verhalten der Oberbauten, d.h. die gemessenen Befahrbarkeitswerte sind höher als die zu erwartenden (berechneten) Werte. Die zugrunde gelegte Dimensionierungsmethode kann deshalb generell als zutreffend betrachtet werden mit vielleicht einer leichten Tendenz zur sicheren Seite. (...) Im Hinblick auf eine Revision der Normen über die Dimensionierung des Oberbaus erscheint ein Verlassen der bisher gewählten Berechnungsgrundlage (AASHTO-Interim Guide) zumindest verfrüht und also nicht notwendig."

Dieser Schlussfolgerung hat sich die mit der Revision der Dimensionierungsnormen betraute VSS-Kommission 273 D angeschlossen, und festgelegt, die Berechnung der Schichtdicken im Katalog der Oberbautypen habe nach den Richtlinien des AASHTO-Interim Guide [2] zu erfolgen und es seien die Erfahrungen im Bau und Betrieb der schweizerischen Strassen zu berücksichtigen.

### 1.3 Ziel des Forschungsauftrages und Vorgehen

Im Schlussbericht sind die Grundlagen des Katalogs der Oberbautypen und der Weg zur Berechnung transparent darzustellen. Damit sollen die beiden folgenden Ziele erfüllt werden:

1. Die Dimensionierung wird nachvollziehbar und dem interessierten Ingenieur ist es möglich, Interpolationen vorzunehmen oder die Schichtdicken modifizierter Oberbauten zu berechnen.
2. Die Schaffung weiterer Oberbautypen zur Ergänzung des Typenkatalogs (z.B. Oberbauten mit Verwendung von neuen Materialien wie Geotextilien, Brechschotter sowie Kehrichtschlacken und andern Abfallprodukten) und die Berechnung der Schichtdicken können nach demselben Schema erfolgen.

Da die Ergebnisse des Forschungsauftrages in allen Teilen mit dem Typenkatalog der neuen Norm SN 640 324 übereinstimmen müssen, konnten die Arbeiten nur parallel zu denen der VSS-Kommission 273 D vorangetrieben werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen sind der Kommission in Form vorläufiger Zwischenberichte laufend unterbreitet und der vorliegende Schlussbericht ist unmittelbar nach erfolgter Genehmigung der 11 Oberbautypen durch die VSS-Kommission 273 D erstellt worden.

## 2. Dimensionierungsgrundlagen

Für die Dimensionierung nach dem AASHTO-Interim Guide sind die folgenden Grundlagen massgebend:

- Bodentragfähigkeitswert S (Soil support value)
- Gesamte äquivalente Verkehrslast W (Total equivalent 18-kip single axle load applications) oder tägliche äquivalente Verkehrslast TF (Daily equivalent 18-kip single axle load applications) bei Annahme einer Gebrauchsdauer von 20 Jahren
- Regionalfaktor R zur Charakterisierung der örtlichen Verhältnisse.

### 2.1 Bodentragfähigkeit

Die Tragfähigkeit von Untergrund bzw. Unterbau kann durch einen der nachstehenden Tragfähigkeitswerte definiert werden:

- CBR - Wert (California Bearing Ratio)
- $M_E$  - Wert (Zusammendrückungsmodul)
- k - Wert (Reaktionsmodul).

Der Typenkatalog berücksichtigt die in Tabelle 1 angegebenen Tragfähigkeitsklassen. Wie die für die Dimensionierung massgebende Tragfähigkeitsklasse zu ermitteln ist, wird in der VSS-Norm Untergrund und Unterbau angegeben.

Tab. 1 Tragfähigkeitsklassen

Boden- tragfähigkeit	CBR %	k-Wert MN/m <sup>3</sup>	M <sub>E</sub> -Wert kN/m <sup>2</sup>
S1 Schlecht	3...< 6	15...< 30	6000...< 15000
S2 Mittel	6...< 12	30...< 60	15000...< 30000
S3 Gut	12...< 25	60...< 100	30000...< 60000
S4 Sehr gut	> 25	≥ 100	≥ 60000

Böden, die unterhalb des Bereiches der Klasse S1 einzuordnen sind, werden im Dimensionierungskatalog nicht berücksichtigt, und benötigen eine vorausgehende Bodenverbesserung oder Spezialuntersuchung. Mit andern Worten: Der Typenkatalog kann nur angewendet werden, wenn auf dem Planum mindestens ein CBR-Wert von 3 % bzw. ein k-Wert von 15 MN/m<sup>3</sup> bzw. ein M<sub>E</sub>-Wert von 6000 kN/m<sup>2</sup> vorhanden ist.

Als für eine bestimmte Tragfähigkeitsklasse massgebende Grösse hat man einen Tragfähigkeitswert angenommen, der im unteren Drittel des betreffenden Bereiches liegt. Beispiel: Bei der Tragfähigkeitsklasse S1 (CBR % 3...< 6) setzt man zur Berechnung der Schichtdicken im Typenkatalog einen CBR-Wert von 4 % voraus.

Für die Dimensionierung der bituminösen Oberbautypen nach den AASHTO-Richtlinien 1972 ist der in Tabelle 2 angegebene Zusammenhang zwischen den für die vier Bodentragfähigkeitsklassen massgebenden CBR-Werten und den Bodentragfähigkeitswerten S nach AASHTO (Soil support value) angenommen worden. Tabelle 2 enthält zudem die für die Dimensionierung des Betonbelages auf dem Planum massgebenden k-Werte.

Beim CBR-Wert handelt es sich um den im Sommer bei günstigen hydrologischen Verhältnissen im Feldversuch bestimmten CBR-Wert bzw. um den im Laborversuch bestimmten CBR<sub>2</sub>-Wert.

Tab. 2 Zusammenhang zwischen Tragfähigkeitsklassen und massgebenden Tragfähigkeitswerten

Tragfähigkeits- klasse	Massgebender CBR-Wert %	Tragfähigkeits- wert S (AASHTO)	Massgebender k-Wert MN/m <sup>3</sup>
S 1 Schlecht	4	2,3	20
S 2 Mittel	8	3,8	40
S 3 Gut	15	5,2	70
S 4 Sehr gut	30	6,6	120

## 2.2 Aequivalente Verkehrslast

Massgebend für den Einstieg in den Typenkatalog ist die nach der Norm SN 640 317 bestimmte tägliche äquivalente Verkehrslast TF auf dem zu dimensionierenden Fahrstreifen, wobei eine Gebrauchsdauer von 20 Jahren angenommen wird.

Der Typenkatalog berücksichtigt die in Tabelle 3 angegebenen Verkehrslastklassen.

Tab. 3 Verkehrslastklassen

Verkehrslastklassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF
T 1 Sehr leicht	10 ... 30
T 2 Leicht	31 ... 100
T 3 Mittel	101 ... 300
T 4 Schwer	301 ... 1000
T 5 Sehr schwer	1001 ... 3000

Für die Dimensionierung nach den AASHTO-Richtlinien wird der in Tabelle 4 angegebene Zusammenhang zwischen den Verkehrslastklassen und der massgebenden täglichen äquivalenten Verkehrslast TF bzw.

der gesamten äquivalenten Verkehrslast  $W$  (Einheitsachslast = 8,16 t = 18 kips) vorausgesetzt. Es wird eine Gebrauchsdauer von 20 Jahren angenommen. Danach ist:  $W = 20 \times 365 \text{ TF} = 7300 \text{ TF}$ .

Tab. 4 Zusammenhang zwischen Verkehrslastklassen und massgebender äquivalenter Verkehrslast

Verkehrslastklassen	Massgebende tägl. äquivalente Verkehrslast TF	Massgebende gesamte äquivalente Verkehrslast W
T 1 Sehr leicht	20	146 000
T 2 Leicht	60	438 000
T 3 Mittel	200	1 460 000
T 4 Schwer	600	4 380 000
T 5 Sehr schwer	2 000	14 600 000

### 2.3 Oertliche Bedingungen

Für die Dimensionierung massgebend sind die örtlichen Bedingungen, insbesondere Auswirkung und Dauer des Bodenfrostes sowie die hydrologischen Verhältnisse.

In den Dimensionierungsrichtlinien AASHTO werden die mikroklimatischen Verhältnisse durch den Regionalfaktor  $R$  ausgedrückt. In den Interimsrichtlinien [2] finden sich Hinweise zur Abschätzung der äusseren Einflüsse auf den Regionalfaktor.

Die Berechnung der Schichtdicken für den Typenkatalog nach den AASHTO-Richtlinien basiert auf der Annahme eines Regionalfaktors  $R = 1,0$  entsprechend den durchschnittlichen klimatischen Bedingungen im Schweizerischen Mittelland. Aufgrund der Erfahrungen über das Verhalten ausgewählter Strassen [3], die zeigen, dass man mit einer Dimensionierung nach AASHTO eher auf der sicheren Seite liegt, darf dieser Regionalfaktor auch für Gebiete ausserhalb des Schweizerischen Mittellandes als angemessen betrachtet werden.

Eine Ausnahme bilden Fahrbahnen auf frostgefährlichen Böden der Klassen  $G_3$  und  $G_4$ . Hier sind entweder vorbeugende Massnahmen zur Verhütung von Frostschäden (Bodenersatz, thermische Isolation, Stabilisierung) zu treffen, oder es ist eine Dimensionierung auf Frost vorzunehmen, wie sie im Kapitel 5 beschrieben wird.

## 2.4 Befahrbarkeitsindex

Im AASHTO-Strassentest wurde das Verhalten der Fahrbahnen durch den Befahrbarkeitsindex  $p$  gekennzeichnet. Für die dem Typenkatalog zugrunde gelegte Dimensionierung wird angenommen, der Endbefahrbarkeitsindex nach 20jähriger Gebrauchsdauer betrage  $p_t = 2,5$ .

## 3. Tragfähigkeitsdimensionierung Oberbautypen mit bituminösem Belag

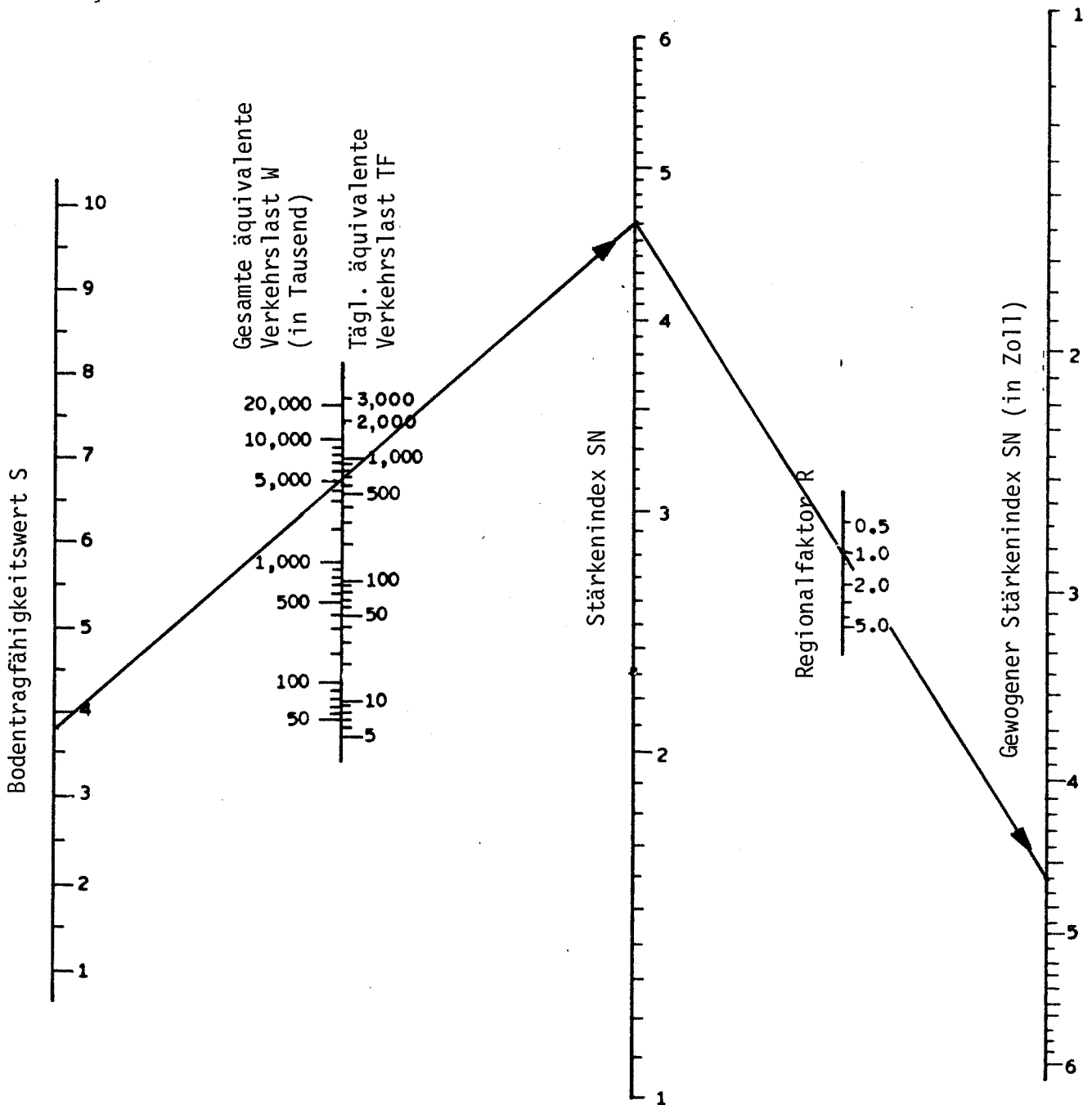
### 3.1 Bestimmung des erforderlichen Stärkenindex

Bei der Dimensionierung nach AASHTO geht man davon aus, dass der gesamte Oberbau ausreichende Stärke (Lastverteilwirkung) haben muss, um eine Ueberbeanspruchung des Unterbaus bzw. Untergrundes auszuschliessen. Diese strukturelle Stärke des Oberbaus wird ausgedrückt durch den Stärkenindex SN (Structural Number).

Der für einen bestimmten Oberbau erforderliche SN-Wert ist eine Funktion von Bodentragfähigkeit (auf Höhe des Planums), äquivalenter Verkehrslast und Regionalfaktor. Er hängt zudem vom Endbefahrbarkeitswert ab.

Abbildung 1 zeigt das dem AASHTO-Interim Guide [2] entnommene Nomo-gramm zur Bestimmung des Stärkenindex für einen Endbefahrbarkeitswert  $p_t = 2,5$ . Beim eingetragenen Beispiel ergibt sich für die Tragfähigkeitsklasse S 2 (massgebender CBR-Wert 8 % entspricht gemäss Tab. 2 einem Tragfähigkeitswert  $S = 3,8$ ) und die Verkehrslastklasse T 4 (gem. Tab. 4:  $TF = 600$  ;  $W = 4\,380\,000$ ), bei einem Regionalfaktor  $R = 1,0$ , einen erforderlichen Stärkenindex  $SN_{\text{erf.}} = 4,6$  Zoll (inches) = 11,5 cm.

Abb. 1 Nomogramm zur Bestimmung des Stärkenindexes für einen Endbefahrbarkeitswert  $p_t = 2,5$  gemäss AASHTO-Interim Guide



Beispiel: Tragfähigkeitsklasse S 2 (S = 3,8)  
Verkehrslastklasse T 4 (TF = 600)  
Regionalfaktor R = 1,0

$SN_{\text{erf.}} = 4,6 \text{ Zoll} = 11,5 \text{ cm}$

Nach diesem Dimensionierungsdiagramm resultieren für die 20 Kombinationen Tragfähigkeitsklasse  $S_i$  / Verkehrslastklasse  $T_j$  die in Tabelle 5 enthaltenen Werte  $SN_{\text{erf.}}$  (in cm).

Tab. 5 Erforderlicher Stärkenindex  $SN_{\text{erf.}}$  (cm) in Funktion von  $S_i/T_j$

$T_j \backslash S_i$	S 1	S 2	S 3	S 4
T 5	16,0	13,5	11,5	9,5
T 4	13,5	11,5	9,5	8,0
T 3	11,5	9,5	8,0	6,5
T 2	9,5	8,0	6,5	5,5
T 1	8,0	6,5	5,5	4,5

### 3.2 Bestimmung der erforderlichen Schichtdicken

Der Stärkenindex ist definiert als die Summe der Dicken  $D$  (cm) der einzelnen Oberbauschichten multipliziert mit den entsprechenden Materialkoeffizienten  $a$ .

$$SN_{\text{vorh.}} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Für die Dimensionierung auf Tragfähigkeit gilt die Beziehung:

$$SN_{\text{vorh.}} \geq SN_{\text{erf.}}$$

Damit können die erforderlichen Schichtdicken der einzelnen Oberbauschichten derart berechnet werden, dass der gesamte Oberbau ausreichend tragfähig ist, um eine unzulässige Beanspruchung des Planums auszuschliessen.

Nach der AASHTO-Dimensionierung können demnach beliebige Materialien für den Oberbau verwendet werden (sofern die entsprechenden Materialkoeffizienten bekannt sind oder einigermaßen zuverlässig ab-

geschätzt werden können), und durch Variieren der Schichtdicken können verschiedene, hinsichtlich ihrer lastverteilenden Wirkung gleichwertige, Oberbauvarianten bestimmt werden. Um ein Ueberschreiten der zulässigen Biegezugspannungen an der Unterseite des Belages auszuschliessen, sind dabei die in Tabelle 6 angegebenen Minstdicken des Belages einzuhalten.

Tab. 6 Minstdicke des Belages (Heissmischtragschicht HMT + Deckschicht AB/TA) in Funktion der Unterlage

	Minstdicke des Belages auf ....	
	Kiessand	Heissmischfundationsschicht HMF Hydraulische Stabilisierung HST
T 5	22 cm	14 cm
T 4	17 cm	12 cm
T 3	13 cm	10 cm
T 2	10 cm	4 cm
T 1	7 cm	4 cm

### 3.3 Materialkoeffizienten

Für die Berechnung des vorhandenen Stärkenindex SN muss jedem Oberbaumaterial ein Materialkoeffizient  $a$  zugeordnet werden, der die relative Lastverteilwirkung des Materials ausdrückt. Beim AASHTO-Strassentest sind von den verwendeten Materialien die folgenden durchschnittlichen Materialkoeffizienten bestimmt worden:

- Asphaltbetonbelag                      0,44
- Schottertragschicht                    0,14
- Kiessandfundationsschicht            0,11

Diese Werte können für Materialien als gültig betrachtet werden, die denen des AASHTO-Strassentestes einigermaßen entsprechen, sofern sie in gleicher Lage im Oberbau verwendet werden und sofern ihre Schichtdicke nicht wesentlich von den mittleren Schichtdicken des AASHTO-Strassentestes abweichen.

Die Materialkoeffizienten anderer Baustoffe sind aufgrund von Erfahrungswerten oder durch andere Versuche zu bestimmen. Im Interim Guide [2] wird empfohlen, Materialkoeffizienten festzulegen, die auf die eigene Praxis anwendbar und durch eigene Erfahrung begründet sind. Die bei einer Umfrage der AASHTO erhobenen Materialkoeffizienten sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Angesichts der sehr grossen Unterschiede dieser in den verschiedenen Staaten der USA benützten Materialkoeffizienten ist nicht verwunderlich, dass die Schätzung der Materialkoeffizienten für die in der Schweiz gebräuchlichen Baustoffe in der VSS-Kommission 273 D, Dimensionierung, zu eingehenden Diskussionen Anlass gab. Insbesondere stellte sich die Frage der Wertung der Heissmischfundationsschichten HMF und der hydraulisch stabilisierten Schichten HST. Weitere Entscheidungsgrundlagen für die Abschätzung der Materialkoeffizienten ergaben sich

- a) durch eine Nachrechnung der Materialkoeffizienten aus dem Vergleich äquivalenter Oberbauten in den Dimensionierungsrichtlinien von Deutschland, Frankreich, Grossbritannien und Japan (vgl. Tab. 8), und
- b) aus einer Analyse der Ergebnisse des AASHTO-Nachfolgetestes [4], in der aufgrund des sehr guten Verhaltens der Oberbauten mit bituminösen Schichten von grosser Gesamtdicke eine Modifikation der Materialkoeffizienten für diese Schichten vorgeschlagen wird.

Im Versuch Nr. 2 auf der Rundlaufanlage der ETHZ ist das Langzeitverhalten von Zementstabilisierungen untersucht worden. Die Resultate haben gezeigt, dass sich alle Versuchsfelder besser verhalten haben als aufgrund der AASHTO-Methode zu erwarten war. Im Schlussbericht vom Februar 1985 [5] hat man deshalb im Hinblick auf die Normrevision folgendes vorgeschlagen:

- a) Unter Berücksichtigung eines vernünftigen "Sicherheitsfaktors" kann die Anwendung eines Materialkoeffizienten von 0,30 für Zementstabilisierungen in der untersuchten Qualität empfohlen werden.

Tab. 7

Übersicht der Materialkoeffizienten für verschiedene Oberbaumaterialien  
(AASHTO Interimsrichtlinien für die Dimensionierung der Strassen 1972, Forschungsauftrag 23/ 75, VSS Zürich)

Material	AASHTO 1961	Alabama	Arizona	Delaware	Massachusetts	Minnesota	Montana	Nevada	New Hampshire	New Mexico	Ohio	Pennsylvania	South Carolina	South Dakota	Utah	Wisconsin	Wyoming
Heissmischbelag	0.44*	0.44	0.35/44	0.35/40	0.44	0.315	0.30/40	0.30/35	0.38	0.30/45	0.40	0.44	0.40	0.36/42	0.40	0.44	0.30/40
Sandasphalt	0.40	0.40	0.25						0.20				AS 0.35		0.20	0.20	
Bit. Stab. (Ortsmisch.)	0.20	0.20	0.25/38				0.20	0.17/25	0.20	0.20		0.20			0.20	0.40	
<u>Zementgebundene Tragschichten</u>																	
Zementstabi (Zentralmisch.)																	
- 650 und mehr psi	0.23**	0.23	0.25/30							0.23		0.30				0.23	0.15/25
- 400 bis 650 psi	0.20	0.20	0.18/25				0.20			0.17						0.20	
- 400 und weniger psi	0.15	0.15	0.15				0.15			0.12		0.20			0.20	0.15	
Zementstabi (Ortsmisch.)				0.20					0.17								
<u>Bituminöse Tragschichten</u>																	
HMT/HMF	0.34**	0.30	0.25/34		0.34		0.30	0.25/34	0.34	0.30		0.30	0.30	0.30	0.30	0.34	0.20/30
Sandasphalt	0.30	0.25	0.20		0.29		0.20		0.24	0.15		0.20	0.25	0.18/24	0.30	0.30	0.12/20
Bit. Stabi (Ortsmisch.)				0.10		0.17/21								0.10/14		0.23	
Schottertränkung																	
<u>Ungebundene Tragschichten</u>																	
Brechsotter	0.14*	0.12/14		0.11/14	0.14	0.14		0.13/16	0.14	0.10/15		0.14/18	0.14		0.12	0.07	0.05/12
Kiessand rund	0.07**		0.11/14	0.08		0.07			0.07							0.10	
Kiessand gebrochen				0.20				0.10/12	0.10	0.06/12	0.14					0.15/20	
Wassergeb. Macadam		0.14	0.12/14								0.14						
Schlacke																	
<u>Fundationsschichten</u>																	
Kiessand	0.11*	0.09	0.12/14		0.11	0.105		0.09/11	0.05	0.06/12	0.11	0.11			0.10	0.11	
Sand/sandiger Ton	0.05/10	0.10	0.05/10		0.08	0.07	0.05							0.07	0.06/10		
Ausgewählte Materialien		0.09		0.08	0.08	0.08	0.07	0.05/09		0.05/10							0.05/12

\* Abgeleitet von AASHTO-Versuchsergebnissen

\*\* Wie \* aber mit kleinerer Genauigkeit

Indiana, Iowa, New Jersey, Tennessee und Puerto Rico = AASHTO-Richtlinien  
North Carolina und North Dakota HMT/HMF = 0.30, sonst AASHTO

Tab. 8

Nachrechnung der Materialkoeffizienten aus dem Vergleich äquivalenter Oberbau ten  
(Die mit \* bezeichneten Materialkoeffizienten werden als bekannt vorausgesetzt)

Deutschland		Frankreich				Grossbritannien				Japan	
RSTO 75 : Richtlinien für den Strassenoberbau - Standardausführungen Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen		Catalogue 1977 des structures types de chaussées Laboratoire Central des Ponts et Chaussées LCPC et SETRA				Road note 29 : A guide to the structural design of pavements for new roads, 1970 Road Research Laboratory				Manual for design and construction of asphalt pavement, 1980 Japan Road Association	
Bauklasse I	cm	Koeff.	SN	T <sub>0</sub> / PF <sub>3</sub>	cm	Koeff.	SN	TF = 2000	cm	Koeff.	SN
Deckschicht AB	4	0.44*	1.76	Béton bit. BB	8	0.44*	3.52	Rolled Asphalt	4	0.44*	1.76
Binderschicht AB	8	0.40*	3.20	Grave-bitume base	18	0.40*	7.20	RA Basecourse	6	0.40*	2.40
Bit. Tragschicht	20	0.30*	6.00	Grave-bitume fond.	15	0.30*	4.50	Macadam road base	16	0.30*	4.80
B. 1.3.1. (1.1)	32	10.96	10.96	Type 7	41	15.22	15.22	Fig. 8	26	8.96	8.96
Deckschicht AB	4	0.44*	1.76	Béton bit. BB	7	0.44*	3.08	Rolled Asphalt	4	0.44*	1.76
Binderschicht AB	8	0.40*	3.20	Béton bit. BBL	7	0.40*	2.80	RA Basecourse	9	0.40*	3.60
Bit. Tragschicht	10	0.30*	3.00	Grave-ciment base	22	0.22	9.34	Lean concrete	20	0.18	3.60
Hydr. geb. Schotter	15	0.20	3.00	Grave-ciment fond.	20	15.22	15.22	Fig. 9	33	8.96	8.96
B. 1.3.4. (5.0)	37	10.96	10.96	Type 1	56	15.22	15.22	Fig. 9	33	8.96	8.96
Deckschicht AB	4	0.44*	1.76	Béton bit. BB	8	0.44*	3.52	Rolled Asphalt	4	0.44*	1.76
Binderschicht AB	8	0.40*	3.20	Grave-bitume base	18	0.40*	7.20	RA Basecourse	9	0.40*	3.60
Bit. Tragschicht	10	0.30*	3.00	Grave-ciment fond.	22	0.21	4.50	Dry bound macadam	23	0.16	3.60
Schottertragschicht	20	0.15	3.00	Type 9	48	15.22	15.22	Fig. 10	36	8.96	8.96
B. 1.3.3. (3.0)	42	10.96	10.96								
Bauklasse I : Lkw über 5 T Nutzlast und Busse / 24 h > 3000 Planie : EV2 mind. 1200 kp/cm <sup>2</sup>		T <sub>0</sub> = 750...2000 poids lourds journalier moyen de la voie la plus chargée PF <sub>3</sub> si le module EV2 est supérieur à 1200 bars				Die erforderliche Dicke der Fundations- schicht wird in Funktion der äquivalenten Achslast und des CBR-Wertes vorausgehend bestimmt				Es werden Koeffizienten der relativen Tragfähigkeit benützt, wobei dem Asphalt- beton (Deckschicht und Binderschicht) der Faktor 1.00 zugeordnet ist. Die nach- stehenden Materialkoeffizienten sind derart umgerechnet, dass der Koeffizient für Asphaltbeton = 0.44 wird.  Heissmischbelag AB 0.44 Tragschichten: 0.35 HMT/HMF (SM mind. 350 kg) 0.24 Bit. Stabi (SM min. 250 kg) 0.24 Zementstabi (min. 30 kg/m <sup>2</sup> ) 0.15 Schottertragschicht (CBR min. 80) 0.24 Schottertränkung 0.24 Fundationsschichten: Crusher-run 0.11 Kiessand, etc. 0.09 Zementstabi (min. 10 kg/m <sup>2</sup> ) 0.11 Kalkstabi (min. 7 kg/m <sup>2</sup> ) 0.11	

b) Die Versuchserfahrungen mit einschichtigen, dünnen Belägen über einer Zementstabilisierung sind vielversprechend und deuten eine mögliche Anwendung dieser Bauweise für Strassen mit einem TF bis zu TF = 300 an.

Diese Ergebnisse haben die VSS-Kommission Dimensionierung veranlasst, für vergleichsweise dünne hydraulisch stabilisierte Schichten einen Materialkoeffizienten von 0,23 beizubehalten, für dickere Schichten den Koeffizienten hingegen auf 0,26 zu erhöhen.

Die für die Berechnung der Schichtdicken im Typenkatalog verwendeten Materialkoeffizienten sind in Tabelle 9 angegeben. Vorausgesetzt wird dabei, dass die verwendeten Oberbaumaterialien die Qualitätsanforderungen der einschlägigen VSS-Normenerfüllen und dass die eingebauten Schichten ausreichend verdichtet sind.

Tab. 9 Für den Typenkatalog benützte Materialkoeffizienten

---

Deckschichten AB/TA	0,44
Heissmischtragschichten HMT	0,40
Heissmischfundationsschichten HMF	0,28 - 0,30
Hydraulisch stabilisierte Schichten HST	0,23 - 0,26
Kiessand rund (Schichtdicken bis 40 cm)	0,11
Kiessand rund (Schichtdicken über 40 cm)	0,07
Kiessand gebrochen (Schichtdicken bis 40 cm)	0,14
Kiessand gebrochen (Schichtdicken über 40 cm)	0,11

---

### 3.4 Zur Anwendung des Typenkataloges

Aus den Typenblättern 1-6 (Anhang 1.1 - 1.6) können die Schichtdicken des Belages und der Fundations- und Tragschichten in Funktion der Tragfähigkeitsklasse  $S_i$  und der Verkehrslastklasse  $T_i$  bestimmt werden. Die angegebenen Belagsdicken (Heissmischtragschicht HMT + Deckschicht AB/TA) sind als Minimum zu betrachten und dürfen an keiner Stelle unterschritten werden.

Die angegebenen Dicken der Kiessandfundationsschichten beziehen sich auf Kiessand rund, wobei hinsichtlich der Dimensionierung kein Unterschied zwischen Kiessand 1 und Kiessand 2 besteht. Für Ersatzschichtdicken gilt: 1 cm Kiessand rund = 0,8 cm Kiessand gebrochen (Anteil gebrochener Körnungen mindestens 2/3).

Die bei den Oberbautypen 2 und 3 angegebenen Schichtdicken für die Heissmischfundationsschicht HMF gelten für HMF aus bituminösem Heissmischgut. Bei einem Ersatz der HMF durch bituminös stabilisierte Schichten im Ortsmischverfahren gilt: 1 cm HMF = 1,2 cm bit. Stabilisierung.

Die in den Typenblättern angegebenen Schichtdicken für hydraulisch stabilisierte Schichten HST gelten sowohl für HST im Zentralmischverfahren als auch für HST im Ortsmischverfahren. Bei den Oberbautypen 3 und 4, wo der Belag unmittelbar auf der hydraulisch stabilisierten Schicht aufliegt, ist darauf zu achten, dass die Druckfestigkeit der HST eher in der unteren Hälfte des nach der Stabilisierungsnorm zulässigen Bereiches von 2...4 N/mm<sup>2</sup> liegt. Damit soll eine feine Rissstruktur (Mikrorisse) erzielt und das Auftreten von klaffenden Rissen verhindert werden.

Die Belagsdicken des Typenkatalogs entsprechen den in Tabelle 6 angegebenen, von der Standfestigkeit der Unterlage abhängigen Mindestdicken; sie dürfen also nicht weiter reduziert werden. (Eine Ausnahme stellt Oberbautyp 6, der sog. Sandwichaufbau, dar: da die Kiessandschicht auf der hydraulischen Stabilisierung sehr gut verdichtet werden kann, ist anzunehmen, die Standfestigkeit der Planie sei grösser als die der konventionellen Kiessand-Fundationsschichten.) Bei einer Vergrösserung der Belagsdicken kann mittels der in Tabelle 9 angegebenen Materialkoeffizienten berechnet werden, in welchem Mass die Dicke der Fundations- bzw. Tragschichten reduziert werden kann.

Bei den kombinierten Oberbautypen 2 (HMF und Kiessand) und 4 (HST und Kiessand) können die Materialien gegenseitig ausgetauscht werden.

Aus den in Tabelle 9 angegebenen Materialkoeffizienten lassen sich hierfür die folgenden Äquivalenzen ableiten:

- 10 cm Kiessand = 3,9 cm HMF
- 10 cm Kiessand = 4,2 - 4,8 cm HST

Dabei ist zu beachten, dass aus ausführungstechnischen Gründen die folgenden, materialabhängigen Minstdicken nicht unterschritten werden dürfen:

- Heissmischfundationsschicht HMF      7 - 8 cm
- Hydraul. Stabilisierung HST              16 cm
- Kiessand                                      2 x Grösstkorndurchmesser

### 3.5 Konzeption des bituminösen Belages

Bei der Dimensionierung nach dem Typenkatalog resultiert vorerst nur die Gesamtdicke des bituminösen Belages, der in der Regel aus einer oder mehrerer Heissmischtragschichten HMT und der Deckschicht AB/TA besteht. In einem zweiten Schritt ist der Belag nun in die einzelnen Schichten aufzuteilen, es sind die Schichtdicken festzulegen, und es sind Mischgutsorten und Mischguttypen in Funktion der Beanspruchung und der Ausführungsbedingungen zu wählen.

Auf der Rückseite der Einzelblätter des Typenkatalogs finden sich Beispiele für die Schichtaufteilung, die Festlegung der Schichtdicken und die Wahl der Mischgutsorten (Anhang 2.1 - 2.6). Dabei sind die Anforderungen hinsichtlich der Ebenheit und Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche, die Höhengenaugigkeit und Ebenheit der Unterlage sowie die Ausführungsbedingungen zu berücksichtigen, und es sind die in der Belagsnorm enthaltenen Schichtdickenbereiche einzuhalten.

Von Einfluss auf Anzahl und Dicke der Schichten sind die Ausführungsbedingungen. Vielfach muss man die Planie der Fundationsschicht oder die Tragschichten schon während der Bauarbeiten befahren können

(z.B. bei einem etappenweisen Strassenausbau). Dies ist bei einer Heissmischfundationsschicht ohne besondere Massnahmen möglich, bei einer Kiessand-Fundationsschicht wird man in der Regel eine erste Lage der HMT einbauen, und hydraulisch stabilisierte Schichten sind nötigenfalls mit einer Oberflächenbehandlung oder einer ersten Lage der HMT abzudecken. (Das Befahren der Stabilisierung während der Bauarbeiten wirkt sich insofern günstig aus, als dadurch die Rissbildung provoziert wird, bevor die letzten Belagsschichten eingebaut sind - damit wird das Risiko der bis zur Deckschicht durchschlagenden Reflexionsrisse verringert.)

Bei einem Einbau in 2 Phasen sind in der Phase 1 bestimmte Mindestdicken einzuhalten, und der Einbau der definitiven Belagsschichten darf nicht zu spät erfolgen, weil sonst vorzeitige Schadenbildungen zu befürchten sind. Angaben dazu finden sich in den Anhängen 2.1 - 2.6.

Von sehr grosser Bedeutung ist die Wahl des richtigen, auf die Beanspruchung durch Verkehr und Klima abgestimmten Mischguttyps. Der Belag muss einerseits ausreichenden Widerstand gegen bleibende Verformung bei hohen Temperaturen aufweisen, andererseits aber auch genügend flexibel sein, um die thermisch induzierten Spannungen bei tiefen Temperaturen rissfrei abbauen zu können. Dies gilt insbesondere auch für relativ dünne Beläge, die unmittelbar auf hydraulisch stabilisierten Schichten aufliegen. Hier ergibt sich eine weitere Beanspruchung dadurch, dass sich in der Stabilisierung vorhandene Risse bei einer Abkühlung weiter öffnen und Zugdehnungen im Belag verursachen, welche die thermisch induzierten Zugspannungen überlagern.

Um den gegensätzlichen Anforderungen bezüglich des Verformungsverhaltens bei hoher Temperatur und dem Verhalten bei tiefer Temperatur (Rissbildung) genügen zu können, werden in der zum heutigen Zeitpunkt in Revision befindlichen Belagsnorm [6] drei verschiedene Mischguttypen definiert:

- Mischguttyp L für Strassen und Wege mit leichter Beanspruchung; durch Verwendung weicher Bindemittel, dichte Zusammensetzung des

Mineralstoffgemisches und hohen Bindemittelgehalt resultiert ein Belag von hoher Ermüdungs- und Rissfestigkeit.

- Mischguttyp N für normal beanspruchte Fahrbahnen.
- Mischguttyp S für schwere Beanspruchung; durch Verwendung vorwiegend gebrochener Mineralstoffe und relativ harter Bindemittel bei eher kleinem Bindemittelgehalt ergibt sich ein Belag mit hohem Widerstand gegen bleibende Verformungen.

Richtlinien zur Wahl der Mischguttypen in Funktion von Verkehr, Oberbaustruktur und örtlichen Verhältnissen (klimatische Bedingungen ; Geometrie) zu erarbeiten, war Ziel der Forschungsarbeiten 31/80 [7]. Insbesondere war die Frage zu beantworten, bei welchen Voraussetzungen die Verwendung von Mischgut vom Typ S zwingend ist, ein Problem das aktuell ist, nachdem bisherige Erfahrung deutlich machen, dass wegen der Anwendung von S-Belägen (mit unnötig harten Bindemitteln) in den letzten Jahren vermehrt Rissbildungen bei tiefen Temperaturen festzustellen sind.

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten sind zur Schaffung von Richtlinien zur Wahl der Mischguttypen in Funktion der Beanspruchung durch Verkehr und Klima benützt worden und haben Eingang in die neue Belagsnorm [6] und den Typenkatalog gefunden (vgl. Anhang 2.1 - 2.6). Die empfohlenen Anwendungsbereiche der verschiedenen Mischguttypen sind in Tabelle 10 dargestellt; sie gelten unverändert für alle Oberbautypen. Entgegen früherer Auffassung ist die Oberbaustruktur nur von untergeordneter Bedeutung für das Verformungsverhalten des eingebauten Belages, das heisst, bei bestimmter Beanspruchung durch Verkehr und Klima sind für Beläge auf Stabilisierungen die gleichen Mischguttypen zu wählen wie für Beläge auf Kiessand oder HMF.

Ein Ersatz der Deckschicht AB/TA durch andere Beläge (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Beläge mit kunststoffmodifizierten Bindemitteln) ergibt keine Aenderung der Gesamtdicke des bituminösen Belages.

Tab. 10 Richtlinien für die Wahl der Mischguttypen in Funktion der Beanspruchung durch Verkehr und Klima

Verkehrslastklasse:	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Höhenlage, strenge Winter	L	L	L	N	N
Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)	L	L	N	N	S
Sehr starke Sonneneinstrahlung, heisse Sommer	L	N	N	S	S
Besondere Beanspruchung (Knoten, vor Lichtsignalanlagen und Stop-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Autobahnen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)	N	N	S	S	S

### 3.6 Wie können andere Einflussgrössen berücksichtigt werden ?

Die im Typenkatalog enthaltenen Gesamtdicken basieren auf definierten Tragfähigkeitsklassen des Untergrundes bzw. Unterbaus (Tab. 2) und definierten Verkehrslastklassen (Tab. 4), und zur Charakterisierung der mikroklimatischen Bedingungen wird ein mittlerer, den Verhältnissen im Schweizerischen Mittelland entsprechender Regionalfaktor  $R = 1,0$  angenommen.

In der Regel werden diese typisierten Einflussgrössen genügen, um die Dimensionierung eines bestimmten Projektes mit ausreichender Genauigkeit vornehmen zu können. In einzelnen Fällen kann es aber angezeigt sein, von andern Parametern auszugehen und sie zur Bestimmung des Stärkenindex  $SN$  im Dimensionierungsnomogramm (Abb. 1) einzuführen. So wird man beispielsweise für die Dimensionierung einer von Spezialfahrzeugen befahrenen Werkpiste die gesamte äquivalente Ver-

kehrslast  $W$  nach der Norm SN 640 317 bestimmen und als Grundlage für das Nomogramm benützen. Und sehr extreme klimatische Verhältnisse (z.B. einer ganzjährig befahrenen Strasse in grosser Höhe und ohne Besonnung) können uns veranlassen, einen Regionalfaktor von 1,5 oder 2 für den Einstieg in das Nomogramm zu wählen.

Wie erwähnt, sind den im Typenkatalog berücksichtigten Materialien zur Berechnung des vorhandenen Stärkenindex  $SN$  die in Tabelle 9 angegebenen Materialkoeffizienten zugeordnet worden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die verwendeten Materialien die Qualitätsanforderungen der einschlägigen VSS-Normen erfüllen.

Sofern andere Baustoffe (z.B. hochverdichteter Schotter, Kehrriechtschlacken oder andere Abfallprodukte ...) für die Fundations- oder Tragschichten verwendet werden sollen, ist der entsprechende Materialkoeffizient  $a$  aufgrund von Erfahrungen oder Versuchen zu schätzen. Zur Berechnung der erforderlichen Schichtdicke  $D$  kann die Gleichung

$$SN_{\text{erf.}} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

benützt werden, wobei der Stärkenindex  $SN_{\text{erf.}}$  der Tabelle 5 zu entnehmen ist. In der Regel wird man von einem ähnlichen Oberbautyp ausgehen und nur eine Änderung der Schichtdicke der Fundations- bzw. der Tragschicht vornehmen, die durch den andern Baustoff teilweise oder vollständig ersetzt wird, d.h. man wird die Belagsdicke unverändert belassen.

#### 4. Tragfähigkeitsdimensionierung der Oberbautypen mit Betonbelag

##### 4.1 Bestimmung der Plattendicke nach AASTHO

Die Bestimmung der Plattendicke erfolgt nach der AASTHO-Gleichung [2, Anhang D]. Diese Gleichung in metrischen Einheiten lautet:

$$\log (7300 \cdot TF) = 7,35 \cdot \log \left( \frac{D}{2,54} + 1 \right) - 0,06 \cdot \left[ \frac{0,176}{1 + \frac{1624 \cdot 10^7}{\left( \frac{D}{2,54} + 1 \right)^{8,46}}} \right] + 3,42 \cdot \log \left[ \frac{\sigma_{BZ}}{48,52} \left( \frac{\left( \frac{D}{2,54} \right)^{0,75} - 1,132}{\left( \frac{D}{2,54} \right)^{0,75} - 23,2 \left( \frac{k}{E} \right)^{0,25}} \right) \right]$$

Es bedeuten:

D : Plattendicke [cm]

TF : tägliche äquivalente Verkehrslast (siehe 2.2)

k : Tragfähigkeitswert [kg/cm<sup>3</sup>]

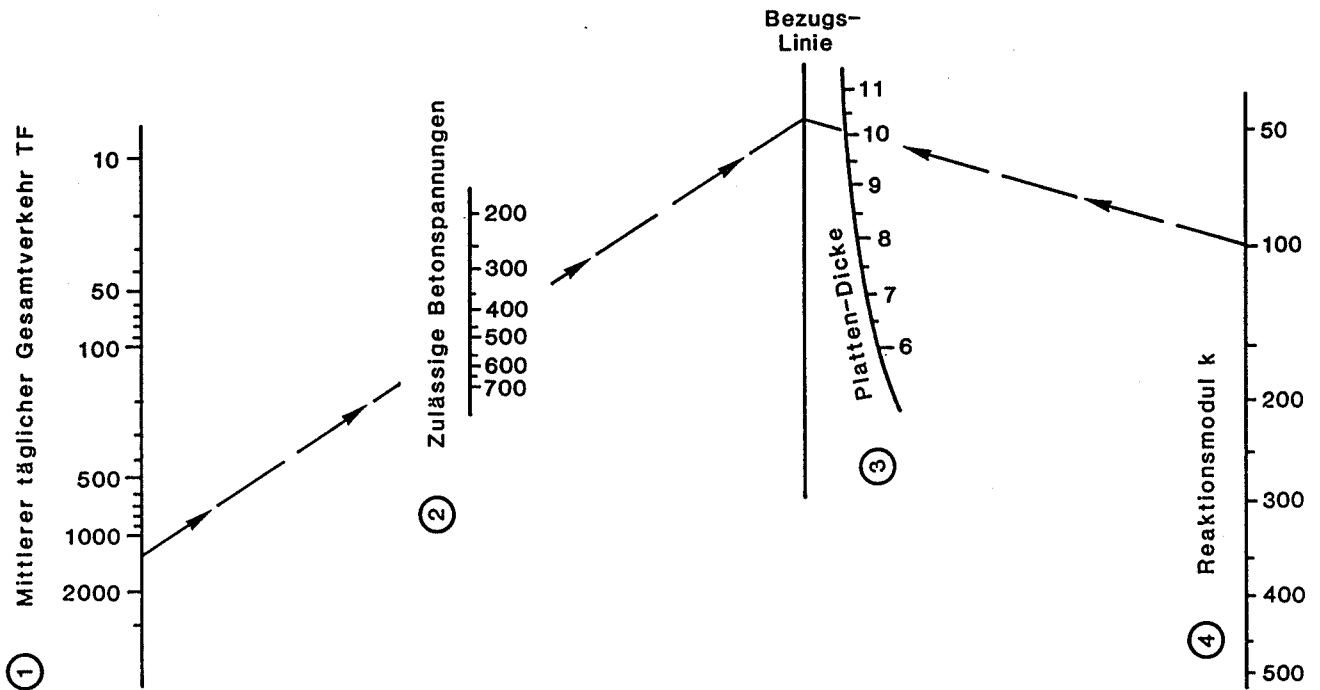
σ<sub>BZ</sub>: zulässige Betonbiegezugspannung [kg/cm<sup>2</sup>]

E : E-Modul des Betons [kg/cm<sup>2</sup>]

Diese Gleichung basiert auf der von Spangler erweiterten Theorie von Westergaard über die Spannungsverteilung in starren Platten. Die Methode ist anwendbar für Betonbeläge mit Fugen, die direkt auf dem Untergrund, dem Unterbau oder auf der Fundationsschicht liegen. Aufgrund der Gleichung wurde ein Dimensionierungsdiagramm für Betonbeläge mit einem Endbefahrbarkeitsindex von  $p_t = 2.5$  (siehe auch 2.4) und einem E-Modul des Betons von 300'000 kg/m<sup>2</sup> (30 MN/mm<sup>2</sup>) erstellt. Dieses Original-AASTHO-Diagramm ist in Abbildung 2 dargestellt.

Ein für die Erstellung der Oberbautypen 11 ... 15 zweckmässigeres Diagramm ist in Abbildung 3 dargestellt. Es gilt für eine Biegezugfestigkeit  $\beta_{BZ} = 5.5 \text{ N/mm}^2$ .

Abbildung 2 : Dimensionierungsdiagramm für Betonbeläge  
aus AASTHO Interim Guide [2]

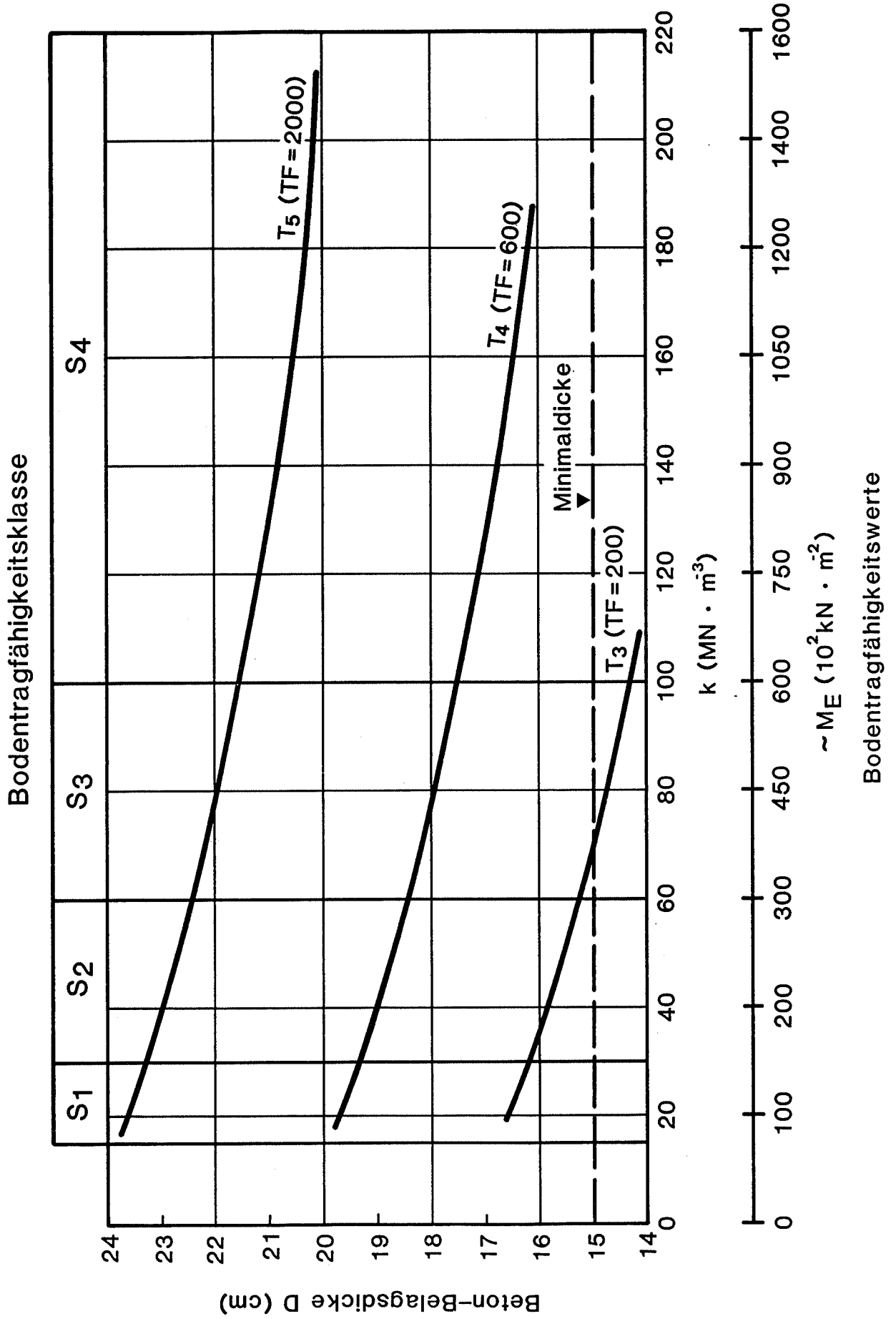


- ① In Normachslasten von 18 kips
- ② Biegezugfestigkeit des Betons in psi
- ③ In Inches (Zoll)
- ④ k-Wert der Betonunterlage in pci

Endbefahrbarkeit  $p = 2.5$  (20 Jahre)

Dimensionierung von Betonbelägen nach AASHTO-Interimsrichtlinie

Abbildung 3



Da nach AASTHO eine zulässige Spannung von

$$\sigma_{BZ} = 0.75 \beta_{BZ}$$

empfohlen wird, wurde das Diagramm in Abbildung 3 mit 4.125 N/mm<sup>2</sup> berechnet.

Die Dimensionierung aufgrund des Diagrammes wird wie folgt vorgenommen.

1. Bestimmung des k-Wertes auf der direkt unter dem Beton liegenden Schicht. Dies kann der Untergrund, Unterbau oder eine Fundations- oder Tragschicht sein. Der k-Wert wird durch direkte Messung bestimmt oder geschätzt. Hinweise für die Abschätzung des k-Wertes werden im Kapitel 4.2 gegeben.
2. Bestimmung der Verkehrslastklasse aufgrund einer Verkehrsanalyse
3. Bestimmung der Betonbelagsdicke mit Hilfe der Abbildung 3.

Beispiel:

1. Gemessener k-Wert auf einer Foundationsschicht  
k = 80 MN/m<sup>3</sup>, (Bodentragfähigkeitsklasse S3)
2. Massgebende tägliche äquivalente Verkehrslast TF = 600  
(Verkehrslastklasse T 4)
3. Aus dem Diagramm resultierende Betonbelagsdicke D = 18 cm

Dieses Beispiel entspricht dem Oberbautyp 15: Betonbelag auf Planum (Anhang 3.5) für S3/T4.

## 4.2 Tragfähigkeitserhöhung durch Foundationsschichten

Da zum Zeitpunkt der Dimensionierung im Projektstadium die Tragfähigkeitswerte der unter dem Betonbelag liegenden Schicht nicht bekannt sind, muss der Projektierende Annahmen treffen. Wesentlich dafür ist die Kenntnis der tragfähigkeitserhöhenden Wirkung von Fundations- und Tragschichten, insbesondere von Kiessand und hydraulisch stabilisierten Schichten. In der Abbildung 4 sind für die Bodentragfähigkeitsklassen S1 ... S3 die Erhöhung der k-Werte in Funktion der Schichtdicken angegeben, wie sie für die Erstellung des Typenkataloges verwendet wurden.

Die in Abbildung 4 angegebenen Diagramme basieren auf Vorschlägen des Autors, aufgestellt aufgrund von Erfahrungen, Diskussionen in der Subkommission und einer Synthese aus folgenden Untersuchungen:

### Kiessand

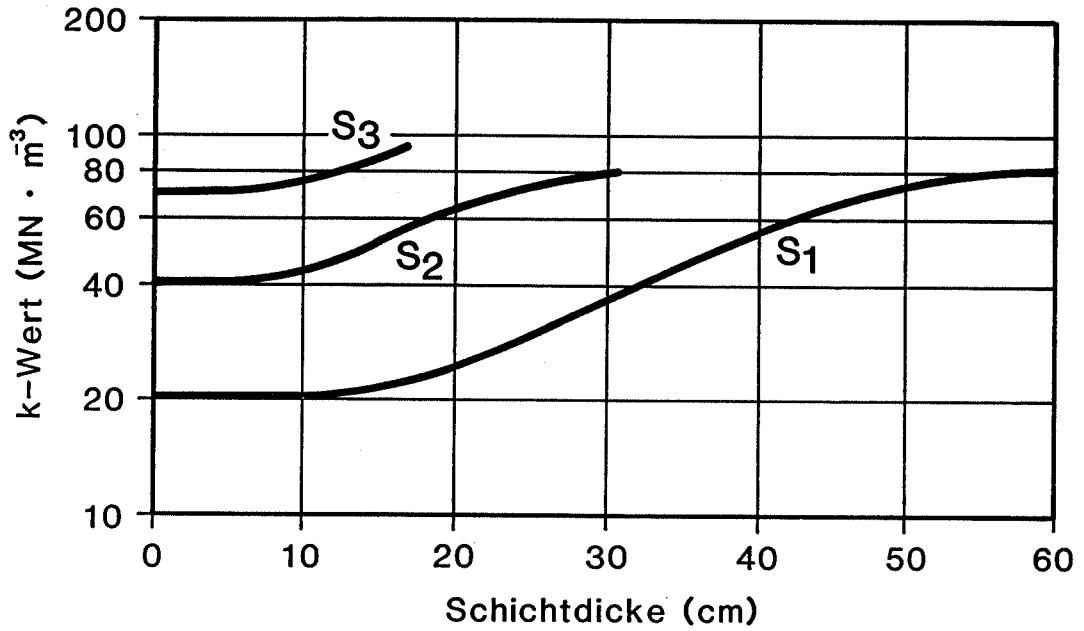
- Thickness Design for Concrete Pavements, Booklet No. 150 010.02P, Portland Cement Association 1966
- Gottschall A., Baugrunduntersuchung, Strasse und Verkehr 2/1976
- IGB-Bericht 3750/2, Forschungsauftrag 4/80 EDI
- $M_E$ -Wert Erhöhung, BeAG Dossier 1615, Betonstrassen AG, Wildegg
- Rigid pavement for Airfields other than army, AFM, 88-6, 1979

### Hydraulisch stabilisierte Schichten

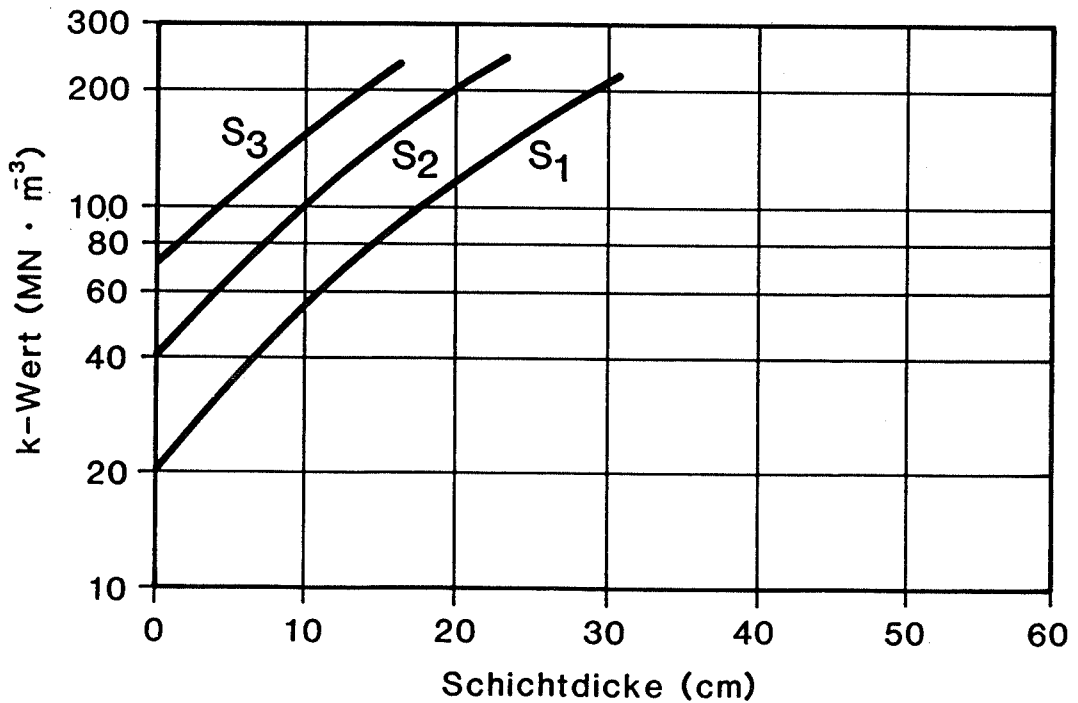
- Thickness Design for Concrete Pavements (s. oben)
- UTAH DOT, Pavement Design and Evaluation Manual 8-993 (1975)
- Fetz L.B., Tragfähigkeitserhöhung mit zementstabilisierten Schichten, Wildegger Kurse, 1984.

Abbildung 4 : Tragfähigkeitserhöhung durch Fundations- und Tragschichten

Kiessand



Hydraulisch stabilisierte Schichten



Die angegebenen Tragfähigkeitserhöhungen sind als Richtwerte für eine Dimensionierung und nicht als Kontrollwert für die Ausführung aufzufassen. Vorausgesetzt ist, dass die Fundations- und Tragschichten nach den Normen für Kiessand und Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln eingebaut und verdichtet werden. Für Letztere gilt zudem eine Erhärtungsphase von ungefähr 20 Tagen.

Als grober Hinweis dient: Mit einer Foundationsschicht aus Kiessand von 30 cm Dicke wird die Tragfähigkeit in etwa verdoppelt, während bei hydraulisch stabilisierten Schichten mit 15 cm Dicke die Tragfähigkeit in etwa verdreifacht wird.

#### Beispiel 1

Gegeben:

Tragfähigkeit des Unterbaues  $k = 20 \text{ MN/m}^3$  (S1), Verkehrslast  $TF = 600$  (T4), zweischichtige Kiessandfundation 60 cm.

Dimensionierung:

Aufgrund Abbildung 4 ergibt sich eine Tragfähigkeitserhöhung auf  $k = 80 \text{ MN/m}^3$ . Nach Abbildung 3 ist eine Betonbelagsdicke von 18 cm notwendig.

Dieses Beispiel entspricht dem Oberbautyp 11: Betonbelag auf Kiessand (Anhang 3.1) für S1/T4.

#### Beispiel 2

Gegeben:

Tragfähigkeit des Unterbaues  $k = 40 \text{ MN/m}^3$  (S2), Verkehrslast  $TF = 2000$  (T5), hydraulisch stabilisierte Schicht 20 cm.

Dimensionierung:

Aufgrund Abbildung 4 ergibt sich eine Tragfähigkeitserhöhung auf  $200 \text{ MN/m}^3$ . Nach Abbildung 3 ist eine Betonbelagsdicke von 20 cm notwendig.

Dieses Beispiel entspricht dem Oberbautyp 14: Betonbelag auf hydraulisch stabilisierter Schicht (Anhang 3.4) für S2/T5.

#### 4.3 Belags- und Schichtdicken

Der Typenkatalog wurde so aufgebaut, dass die Belagsdicken für die einzelnen Oberbautypen im allgemeinen für alle Bodentragfähigkeitsklassen konstant sind. Dabei wurde die Dicke des Betonbelages auf Kiessand für die beiden Verkehrslastklassen T5 und T4 erhöht gegenüber jener auf verfestigten Fundations- und Tragschichten. Die Belagsdicken betragen auf Kiessand 22 cm (T5) und 18 cm (T4), auf verfestigten Schichten 20 cm (T5) und 17 cm (T4).

Bei direkt auf dem Planum erstelltem Betonbelag (Typ 15) erfolgte die Dickenbemessung nach AASTHO-Interim Guide, d.h. jeder Bodentragfähigkeitsklasse wird die dem massgebenden Klassentragfähigkeitswert entsprechende Dicke zugeordnet. Der Fall, dass für eine Verkehrslastklasse T5 der Betonbelag direkt auf das Planum zu liegen kommt, dürfte nur in Zonen mit einem Untergrund aus anstehendem Kiessand auftreten. Aus Sicherheitsgründen wurde hier die Belagsdicke erhöht (Vergleiche Typenkatalog Typ 15 und Abb. 3). Beim Oberbautyp 15 ist grundsätzlich ein Feinplanum zu erstellen.

Die Minimaldicke für Betonbeläge wurde aufgrund der schweizerischen Erfahrungen auf 15 cm festgelegt. Diese Minimaldicke gilt für normale Strassen. Für Güterwege mit Plattenbreiten um 3 m. und schmale Strassen, bei denen mit extremem Befahren des Plattenrandes gerechnet werden muss, soll die Belagsdicke 16 cm nicht unterschreiten.

Die minimalen Schichtdicken für Kiessand und hydraulisch verfestigte Schichten wurde auf 15 cm begrenzt. Zu beachten ist dabei das Einhalten des Maximalkorns nach den entsprechenden Normenvorschriften.

Die Festlegung der Schichtdicke der Heissmischtragschicht beim Oberbautyp 12 mit 8 cm erfolgte aus ausführungstechnischen Gründen. Eine genauere Bestimmung der tragfähigkeitserhöhenden Wirkung ist infolge mangelnder Daten nicht möglich. Die Festlegung der Schichtdicken erfolgte aus Analogieüberlegungen mit Hilfe der Materialkoeffizienten nach Tabelle 9.

#### 4.4 Belagsqualität

Die Qualität des Betons hat den Vorschriften der Norm Betonbeläge SN 640 461 zu entsprechen. Bezüglich der Biegezugfestigkeit wurde entsprechend moderner Betonbelagstechnologie mit mehrheitlich einschichtigem Luftporenbeton auf die heute tatsächlich erreichten Werte aus Einbaukontrollen abgestellt und eine mittlere Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen von 5.5 N/mm<sup>2</sup> für die Dimensionierung zu Grunde gelegt. Dieser Wert ist speziell auf die Verkehrslastklassen T5 und T4 und teilweise T3 bei wenig tragfähigem Untergrund ausgerichtet. Bei den Verkehrslastklassen T2 und T1 ist eine geringere Biegezugfestigkeit im Rahmen der bestehenden Norm hinreichend, da die vorgeschriebene Minimaldicke von 15 cm grösser als die dimensionierungsmässig notwendige Dicke ist.

## 5. Frostdimensionierung

### 5.1 Einflussfaktoren

Das Risiko von Frost- und Auftauschäden hängt von folgenden Daten ab:

- a) Frostempfindlichkeit des Bodens, definiert durch die Klassen G1 bis G4 gemäss der Norm SN 670 140 a, Frost
- b) Frosteindringtiefe  $X_{30}$  bestimmt aus dem Frostindex der Strasse  $FI_s$  gemäss der Norm SN 670 140 a, Frost
- c) Hydrologische Verhältnisse
- d) Gesamtdicke des nicht frostempfindlichen Oberbaus.

Massnahmen zur Verhütung von Frostschäden sind nur für die Böden der Klassen G3 und G4 nötig, falls die Frosteindringtiefe  $X_{30}$  die Dicke des nicht frostgefährdeten Oberbaus übersteigt. Vorbeugende Massnahmen zur Verhütung von Frostschäden sind z.B.

- Ersatz des frostempfindlichen Bodens bis zur Tiefe  $X_{30}$
- Dimensionierung auf verminderte Tragfähigkeit
- Thermische Isolation
- Stabilisierung des Unterbaus.

### 5.2 Dimensionierung auf verminderte Tragfähigkeit

Sofern bei frostempfindlichen Böden der Klassen G3 und G4 keine andern vorbeugenden Massnahmen zur Verhütung von Frostschäden getroffen werden, ist der Oberbau so zu dimensionieren, dass trotz der Tragfähigkeitsverminderung beim Auftauen keine Schäden entstehen. Die bei einer Dimensionierung auf verminderte Tragfähigkeit erforderliche Oberbaudicke  $d_s$  ist proportional zur Frosteindringtiefe  $X_{30}$  und ergibt sich aus der Beziehung

$$d_s \geq f \cdot X_{30}$$

Die Frostdimensionierungsfaktoren  $f$  hängen von der Frostempfindlichkeit des Bodens, vom Frostindex der Strasse  $FI_s$  und vom Ober-

bautyp ab. Die Proportionalitätsfaktoren  $f$  gemäss Tabelle 11 werden in den Einzelblättern des Typenkataloges angegeben (vgl. Anhänge 1 und 3). Bei ihrer Festlegung hat man berücksichtigt, dass bei Strassen mit sehr leichtem und leichtem Verkehr grössere Frostschadenrisiken in Kauf genommen werden dürfen.

Tab. 11 Frostdimensionierungsfaktoren  $f$

Oberbautyp	1		2		3,4+5		5		11 12+13		14	
	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Frostempfindlichkeit												
$FI_s$ Verkehr												
<400 T5,T4	.50	.60	.45	.55	.40	.50	.35	.45	.40	.50	.35	.45
T3,T2,T1	.45	.55	.40	.50	.35	.45	.30	.40	.35	.45	.30	.40
400- T5,T4	.50	.60	.45	.55	.45	.55	.40	.50	.40	.50	.35	.45
600 T3,T2,T1	.45	.55	.45	.55	.40	.50	.35	.45	.35	.45	.35	.45
>600 T5,T4	.55	.65	.50	.60	.50	.60	.45	.55	.40	.50	.40	.50
T3,T2,T1	.50	.60	.50	.60	.45	.55	.40	.50	.35	.45	.35	.45

Sofern die aus der Frostdimensionierung resultierende Mindestdicke  $d_s$  grösser ist als die Oberbaudicke, welche sich aus der Tragfähigkeitsdimensionierung nach dem Typenkatalog ergibt, ist die Dimensionierung auf Frost massgebend.

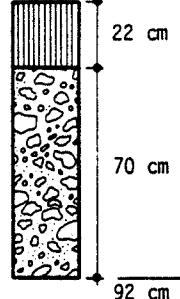
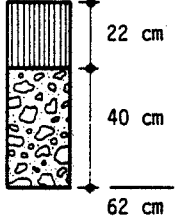
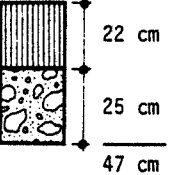
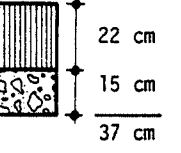
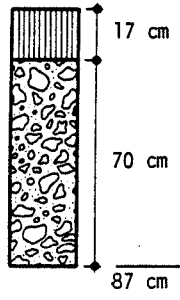
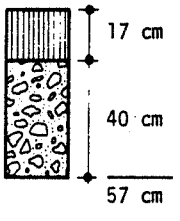
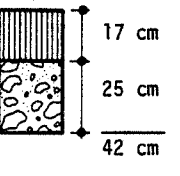
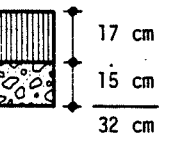
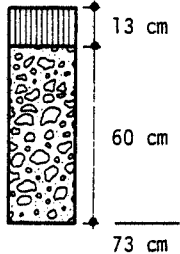
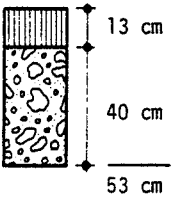
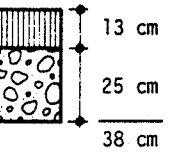
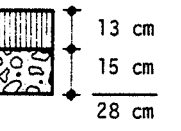
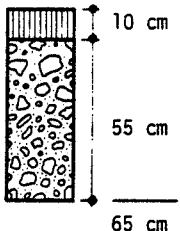
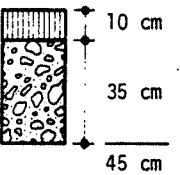
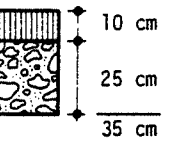
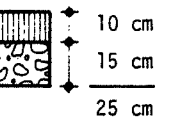
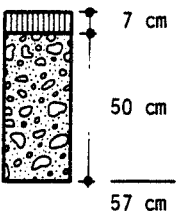
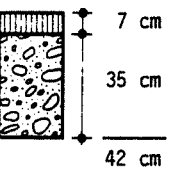
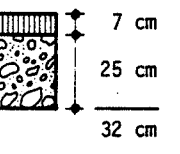
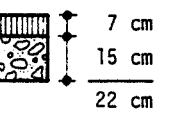
## Literaturangaben

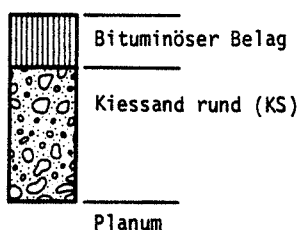
- [1] Vergleich von Dimensionierungsmethoden, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau, ETHZ, O. Pini und I. Scazziga, Forschungsarbeit 33/80, Eidg. Departement des Innern, 1981
- [2] AASHTO Interimsrichtlinien für die Dimensionierung der Strassen 1972 (Deutsche Uebersetzung des AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972), Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich
- [3] Beobachtung des Verhaltens ausgewählter Strassenabschnitte, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau, ETHZ, I. Scazziga, Forschungsauftrag 17/73, Eidg. Departement des Innern, 1981
- [4] R.P. Elliott, Rehabilitated AASHTO Road Test, Analysis of Performance Data reported in Illinois Physical Research Report 76, National Asphalt Pavement Association, Riverdale, 1981
- [5] Langzeitverhalten und Dimensionierung von Zementstabilisierungen, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau, ETHZ, A. Jacot und I. Scazziga, Forschungsauftrag 8/83, Eidg. Departement des Innern, 1985
- [6] Schweizer Norm SN 640 431 a, Bituminöse Heissmischbeläge (Konzeption, Anforderungen, Ausführung) in Bearbeitung, Veröffentlichung voraussichtlich 1987
- [7] Wahl der Mischguttypen in Funktion von Verkehr, Oberbaustruktur und örtlichen Einflüssen, M. Blumer in Zusammenarbeit mit Frutiger AG, Thun, und Pavement Consultancy Services Bv, Rotterdam, Forschungsarbeit 31/80, Eidg. Departement des Innern, 1983

Oberbautyp 1  
Bituminöser Belag auf Kiessand

Anhang 1.1

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5					< 400 400...600 > 600	0,50 0,50 0,55	0,60 0,60 0,65
T 4							
T 3							
T 2					< 400 400...600 > 600	0,45 0,45 0,50	0,55 0,55 0,60
T 1							



Für Ersatzschichtdicken gilt:  
1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen

Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 2  
 Bituminöser Belag auf Heissmischfundationsschicht HMF und Kiessand

Anhang 1.2

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5				Typ 3	< 400 400...600 > 600	0,45 0,45 0,50	0,55 0,55 0,60
T 4				Typ 3			
T 3				Typ 3			
T 2				Typ 3			
T 1				Typ 3			



Bituminöser Belag  
 Heissmischfundationsschicht (HMF)  
 Kiessand rund (KS)  
 Planum

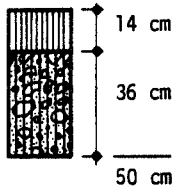
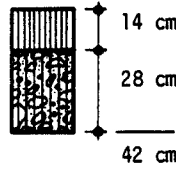
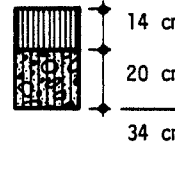
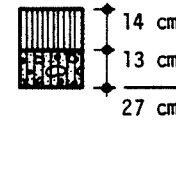
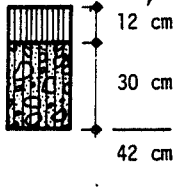
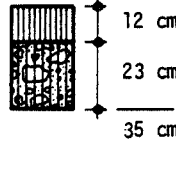
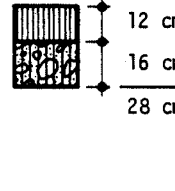
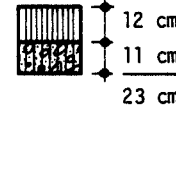
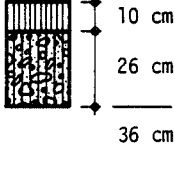
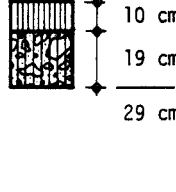
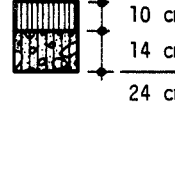
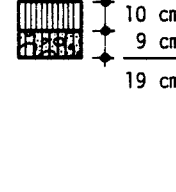
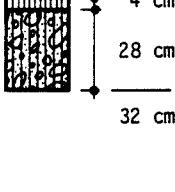
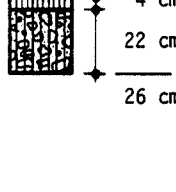
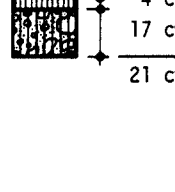
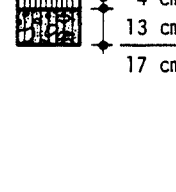
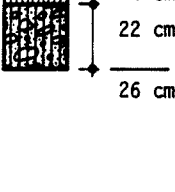
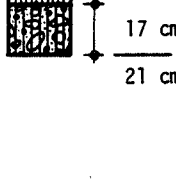

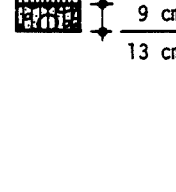
Für Ersatzschichtdicken gilt:  
 1 cm HMF = 1,2 cm bit. Stabilisierung Ortsmischverfahren  
 1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen

Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 3  
 Bituminöser Belag auf Heissmischfundationsschicht HMF

Anhang 1.3

Frostdimensionierung

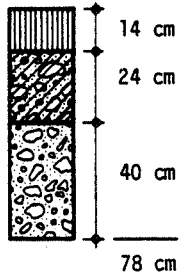
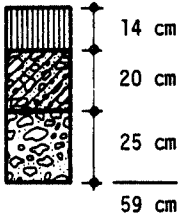
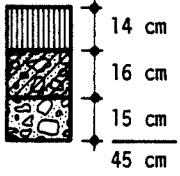
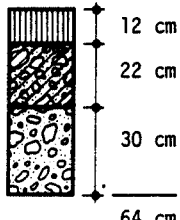
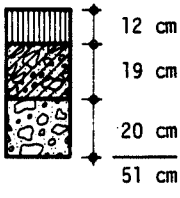
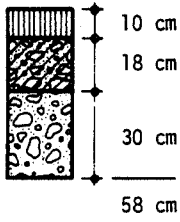
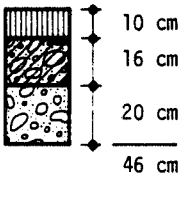
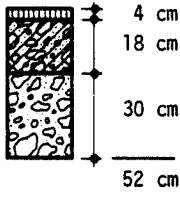
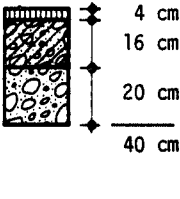
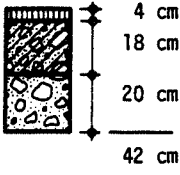
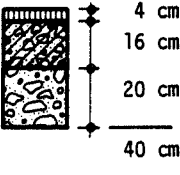
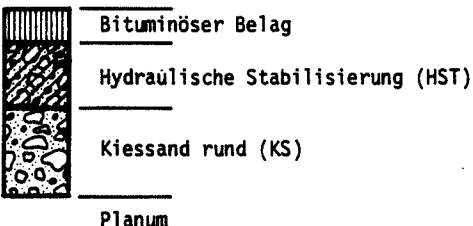
	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5					< 400 400...600 > 600	0,40 0,45 0,50	0,50 0,55 0,60
T 4							
T 3							
T 2					< 400 400...600 > 600	0,35 0,40 0,45	0,45 0,50 0,55
T 1							



Bituminöser Belag  
 Heissmischfundationsschicht (HMF)  
 Planum

Für Ersatzschichtdicken gilt:  
 1 cm HMF = 1,2 cm bit. Stabilisierung Ortsmischverfahren

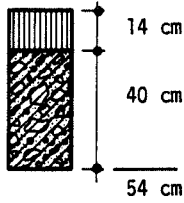
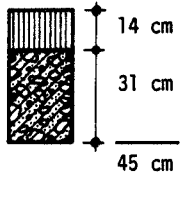
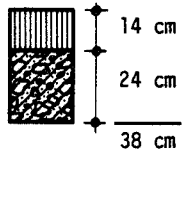
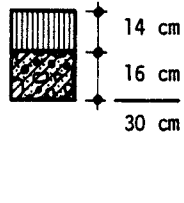
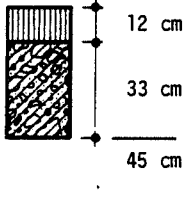
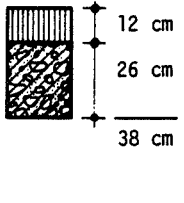
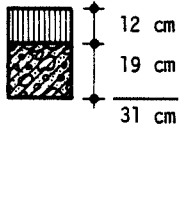
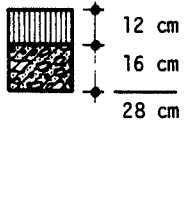
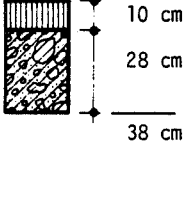
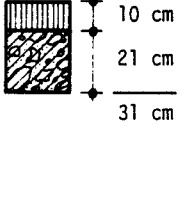
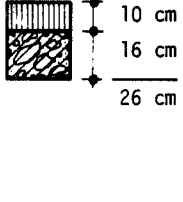
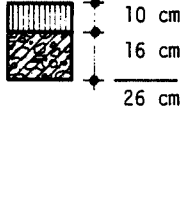
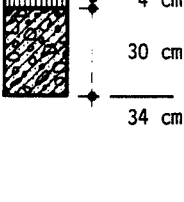
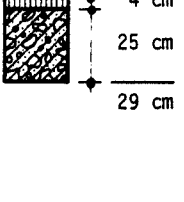
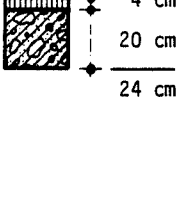
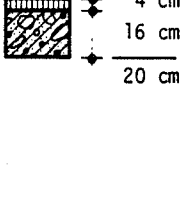
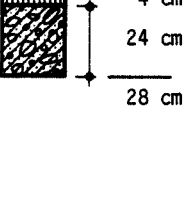
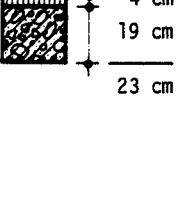
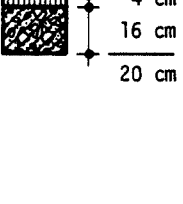
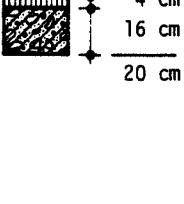
Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

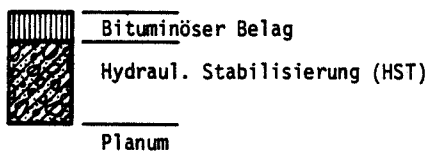
Oberbautyp 4 Bituminöser Belag auf hydraulisch stabilisierten Schichten HST und Kiessand					Anhang 1.4 Frostdimensionierung					
	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex $I_G$	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>			
T 5				Typ 5	< 400 400...600 > 600	0,40 0,45 0,50	0,50 0,55 0,60			
T 4			Typ 5	Typ 5						
T 3			Typ 5	Typ 5						
T 2			Typ 5	Typ 5				< 400 400...600 > 600	0,35 0,40 0,45	0,45 0,50 0,55
T 1			Typ 5	Typ 5						
					Für Ersatzschichtdicken gilt: 1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden: $d_s \geq f \cdot X_{30}$					

Oberbautyp 5  
 Bituminöser Belag auf hydraulisch stabilisierten Schichten HST

Anhang 1.5

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5					< 400 400...600 > 600	0,35 0,40 0,45	0,45 0,50 0,55
T 4							
T 3					< 400 400...600 > 600	0,30 0,35 0,40	0,40 0,45 0,50
T 2							
T 1							

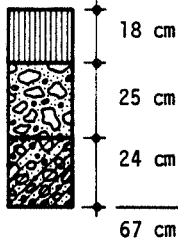
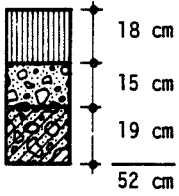
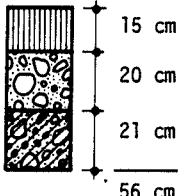
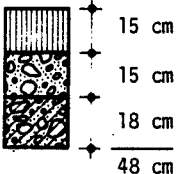
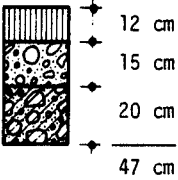


Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 6  
 Bituminöser Belag auf Kiessand und hydraulisch stabilisierter  
 Schicht HST

Anhang 1.6

Frostdimensionierung

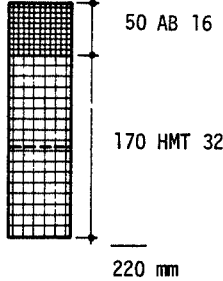
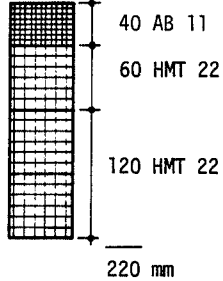
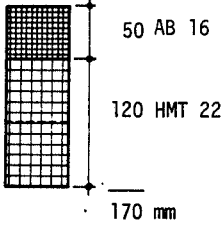
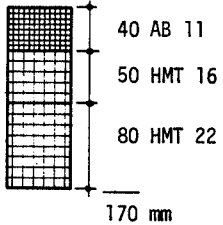
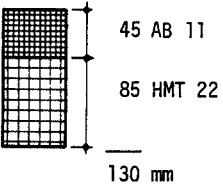
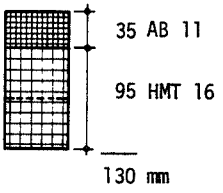
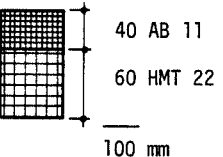
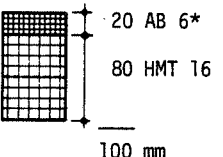
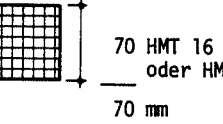
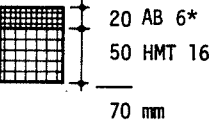
	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex $I_G$	$f_{G3}$	$f_{G4}$
T 5					< 400 400...600 > 600	0,40 0,45 0,50	0,50 0,55 0,60
T 4							
T 3							
T 2							
T 1							



Bituminöser Belag  
 Kiessand rund (KS)  
 Hydraul. Stabilisierung (HST)  
 Planum

Für Ersatzschichtdicken gilt:  
 1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen

Oberbaudicken bei  
 frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 1 Bituminöser Belag auf Kiessand							
T <sub>1</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages		Mischgutttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
			A	B	C	D	
T5			N	S	S	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 120 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T4			N	N	S	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 80 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T3			L	N	N	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 80 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 4 Jahren
T2	* Nur Mischgutttyp L						
			L	L	N	N	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 50 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 5 Jahren
T1	Bei Rad- und Gehwegen darf der Belag auf 50 mm Dicke (AB oder HMT) reduziert werden * Nur Mischgutttyp L						
			L	L	L	N	Werkverkehr auf HMT Mindestdicke 1. Phase 50 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 5 Jahren
Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünn-schichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages			<p>A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen</p> <p>B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)</p> <p>C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen</p> <p>D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällstrecken, Bushaltestellen und -streifen)</p>				

## Oberbautyp 2 Bituminöser Belag auf Heissmischfundationsschicht HMF und Kiessand

T <sub>i</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages	Mischguttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
		A	B	C	D	
T5		N	S	S	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 60 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T4		N	N	S	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 40 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T3		L	N	N	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 40 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 4 Jahren
T2		L	L	N	N	Werkverkehr auf HMF Verkehr bis zu 5 Jahren auf HMF (evtl. mit Oberflächenbehandlung geschützt)
T1	<p>Bei Rad- und Gehwegen darf der Belag auf 20 mm Dicke (AB 6) reduziert werden</p>	L	L	L	N	Werkverkehr auf HMF Verkehr bis zu 5 Jahren auf HMF (evtl. mit Oberflächenbehandlung geschützt)

Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünnschichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages

- A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen
- B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)
- C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen
- D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)

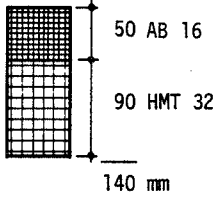
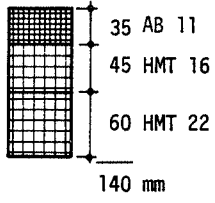
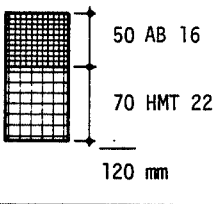
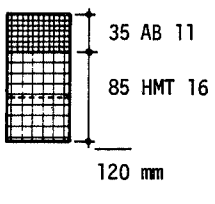
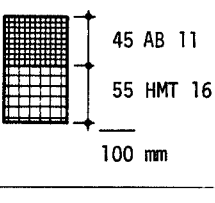
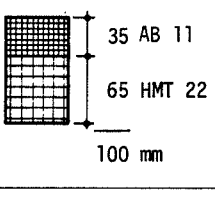
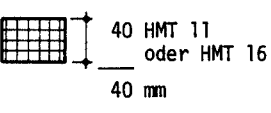
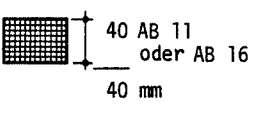
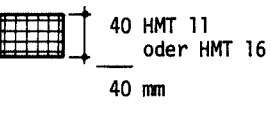
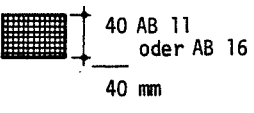
Oberbautyp 3 Bituminöser Belag auf Heissmischfundationsschicht HMF

T <sub>i</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages	Mischgutttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
		A	B	C	D	
T5		N	S	S	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 60 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T4		N	N	S	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 40 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T3		L	N	N	S	Werkverkehr auf HMF Mindestdicke 1. Phase 40 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 4 Jahren
T2		L	L	N	N	Werkverkehr auf HMF Verkehr bis zu 5 Jahren auf HMF (evtl. mit Oberflächenbehandlung geschützt)
T1	<p>Bei Rad- und Gehwegen darf der Belag auf 20 mm Dicke (AB 6) reduziert werden</p>	L	L	L	N	Werkverkehr auf HMF Verkehr bis zu 5 Jahren auf HMF (evtl. mit Oberflächenbehandlung geschützt)

Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünnschichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages

- A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen
- B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)
- C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen
- D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)

## Oberbautyp 4 Bituminöser Belag auf hydraulisch stabilisierten Schichten HST und Kiessand

T <sub>i</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages		Mischguttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
			A	B	C	D	
T5			N	S	S	S	<p>Werkverkehr auf HST (Nötigenfalls Schutz der HST durch eine Oberflächenbehandlung)</p> <p>In der Regel werden Oberbauten mit HST in einer Phase eingebaut. Es empfiehlt sich aber, die Deckschicht frühestens nach dem der Ausführung der HST folgenden Winter einzubauen. Mit dieser Massnahme kann das Risiko der Bildung von Reflexionsrissen verringert werden.</p>
T4			N	N	S	S	
T3			L	N	N	S	
T2			L	L	L	L	
T1			L	L	L	L	

Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünnschichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages

Um das Risiko der Bildung von Reflexionsrissen zu verringern, wird empfohlen, für die Beläge das weichste der für den betreffenden Mischguttyp zulässigen Bindemittel zu wählen.

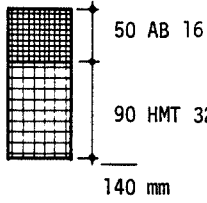
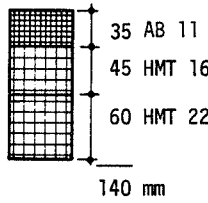
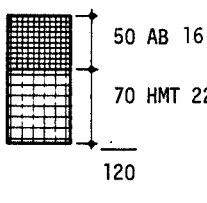
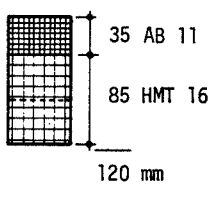
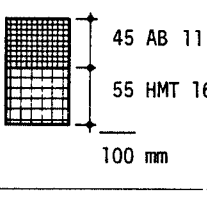
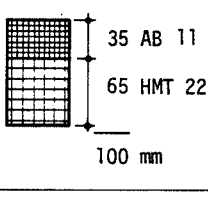
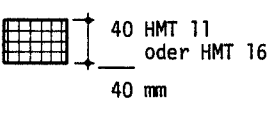
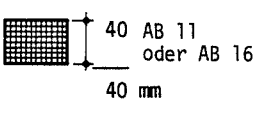
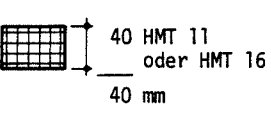
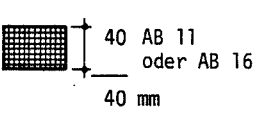
A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen

B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)

C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen

D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)

## Oberbautyp 5 Bituminöser Belag auf hydraulisch stabilisierten Schichten HST und Kiessand

T <sub>i</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages		Mischguttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
			A	B	C	D	
T5			N	S	S	S	<p>Werkverkehr auf HST (Nötigenfalls Schutz der HST durch eine Oberflächenbehandlung)</p> <p>In der Regel werden Oberbauten mit HST in einer Phase eingebaut. Es empfiehlt sich aber, die Deckschicht frühestens nach dem der Ausführung der HST folgenden Winter einzubauen. Mit dieser Massnahme kann das Risiko der Bildung von Reflexionsrissen verringert werden.</p>
T4			N	N	S	S	
T3			L	N	N	S	
T2			L	L	L	L	
T1			L	L	L	L	

Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünnschichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages

Um das Risiko der Bildung von Reflexionsrissen zu verringern, wird empfohlen, für die Beläge das weichste der für den betreffenden Mischguttyp zulässigen Bindemittel zu wählen.

A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen

B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz, Mittelland)

C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen

D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)

Oberbautyp 6 Bituminöser Belag auf Kiessand und hydraulisch stabilisierter Schicht HST

T <sub>i</sub>	Beispiele Schichtaufteilung des Belages	Mischguttyp in Funktion der Beanspruchung				Werkverkehr und Einbau in 2 Phasen
		A	B	C	D	
T5		N	S	S	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 80 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T4		N	N	S	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 60 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 3 Jahren
T3		L	N	N	S	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 60 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 4 Jahren
T2	* Nur Mischguttyp L 	L	L	N	N	Werkverkehr auf 1. Lage HMT Mindestdicke 1. Phase 40 mm ; Einbau 2. Phase spätestens nach 5 Jahren

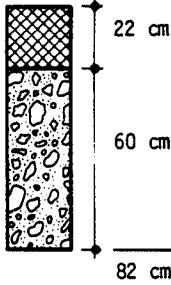
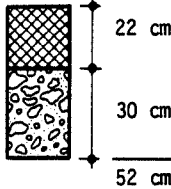
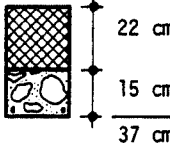
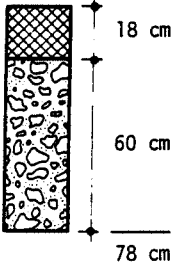
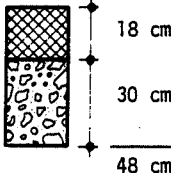
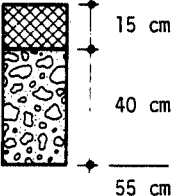
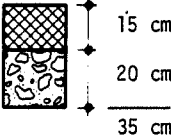
Bei Anwendung von andern Deckschichten (z.B. Gussasphalt GA, Hot Rolled Asphalt HRA, Dünnschichtbeläge usw.) keine Aenderung der Gesamtdicke des Belages

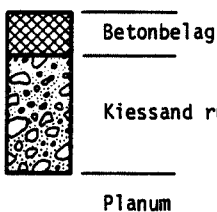
- A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen
- B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Schweiz. Mittelland)
- C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen
- D Besondere Beanspruchung (z.B. Verkehrsknoten, vor Lichtsignalanlagen und STOP-Markierungen, Ein- und Ausfahrten von Hochleistungsstrassen, längere Steigungen und Gefällsstrecken, Bushaltestellen und -streifen)

Oberbautyp 11  
 Betonbelag auf Kiessand

Anhang 3.1

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f <sub>G3</sub>	f <sub>G4</sub>			
T 5				Typ 15	< 400 400...600 > 600	0,40 0,40 0,40	0,50 0,50 0,50			
T 4			Typ 15	Typ 15						
T 3			Typ 15	Typ 15						
T 2	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15				< 400 400...600 > 600	0,35 0,35 0,35	0,45 0,45 0,45
T 1	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15						



Für Ersatzschichten gilt:  
 1 cm KS rund = 0,8 cm Kiessand gebrochen

Oberbaudicke bei  
 frostgefährlichen Böden:  
 $d_s > f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 12  
 Betonbelag auf Heissmischtragschicht HMT und Kiessand

Anhang 3.2

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5					< 400 400...600 > 600	0,40 0,40 0,40	0,50 0,50 0,50
T 4							
T 3	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			
T 2	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			
T 1	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			



Betonbelag

Heissmischtragschicht (HMT)

Kiessand rund (KS)

Planum

Für Ersatzschichtdicken gilt:

1 cm HMT = 1,3 cm HMF

1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen

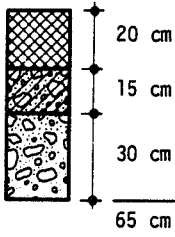
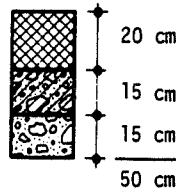
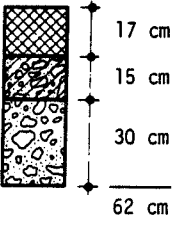
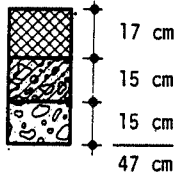
Oberbaudicke bei frostgefährlichen Böden:

$$d_s \geq f \cdot X_{30}$$




Oberbautyp 13  
 Betonbelag auf hydraulisch stabilisierter Schicht HST und  
 Kiessand

Anhang 3.3

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5			Typ 14	Typ 14	< 400 400...600 > 600	0,40 0,40 0,40	0,50 0,50 0,50
T 4			Typ 14	Typ 14			
T 3	Typ 14	Typ 14	Typ 15	Typ 15			
T 2	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			
T 1	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			



-  Betonbelag
-  Hydraulische Stabilisierung (HST)
-  Kiessand rund (KS)
- Planum

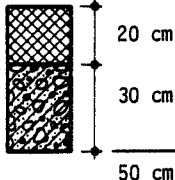
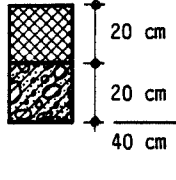
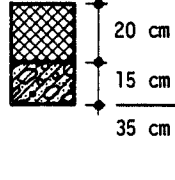
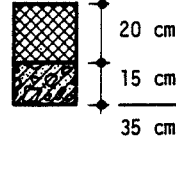
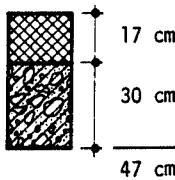
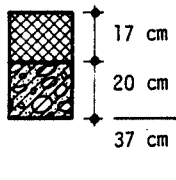
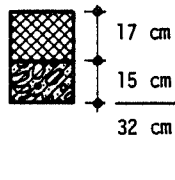
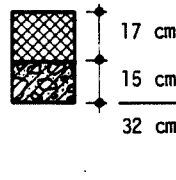
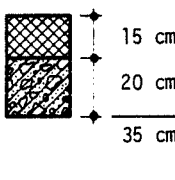
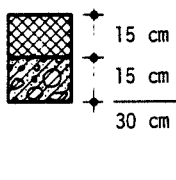
Für Ersatzschichtdicken gilt:  
 1 cm KS rund = 0,8 cm KS gebrochen

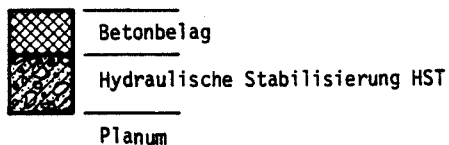
Oberbaudicke bei  
 frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 14  
 Betonbelag auf hydraulisch stabilisierter Schicht HST

Anhang 3.4

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex I <sub>G</sub>	f G <sub>3</sub>	f G <sub>4</sub>
T 5					< 400 400...600 > 600	0,35 0,35 0,40	0,45 0,45 0,50
T 4							
T 3			Typ 15	Typ 15	< 400 400...600 > 600	0,30 0,35 0,35	0,40 0,45 0,45
T 2	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			
T 1	Typ 15	Typ 15	Typ 15	Typ 15			

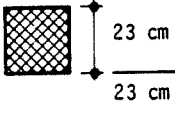
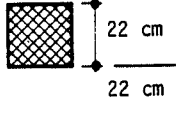
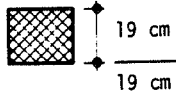
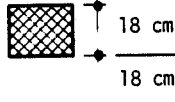
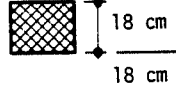

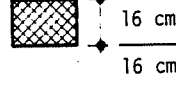
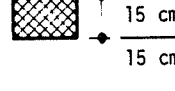
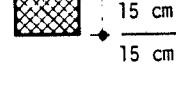
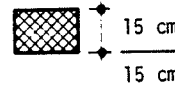
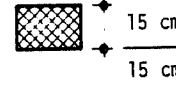

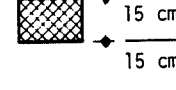
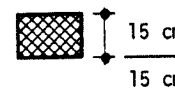


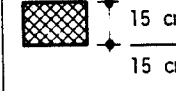


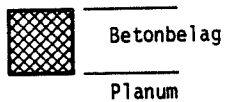
Oberbaudicke bei  
 frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$

Oberbautyp 15  
 Betonbelag auf Planum

Anhang 3.5

Frostdimensionierung

	S 1	S 2	S 3	S 4	Frostindex $I_G$	$f_{G_3}$	$f_{G_4}$
T 5	Typen 11...14	Typen 11...14			< 400 400...600 > 600	0,40 0,40 0,40	0,50 0,50 0,50
T 4	Typen 11...14						
T 3					< 400 400...600 > 600	0,35 0,35 0,35	0,45 0,45 0,45
T 2							
T 1							



Oberbautyp 15 bei  
 frostgefährlichen Böden:  
 $d_s \geq f \cdot X_{30}$