

**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**

Oberbauverstärkung von flexiblen Strassen

Renforcement des chaussées souples

**F. Contausset, ing. dipl. EPF, S.A.C.R. Ecublens
A. Jacot, ing. dipl. EPF, S.A.C.R. Zürich
M. Blumer, dipl. Ing. ETH, Hünibach**

**Forschungsauftrag 4/85 auf Antrag der
VSS Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute**

Juni 1988

**OBERBAUVERSTAERKUNG
VON
FLEXIBLEN STRASSEN**

Renforcement des chaussées souples

**F. Contausset, ing.dipl.EPF, S.A.C.R. Ecublens
A. Jacot, ing.dipl.EPF, S.A.C.R. Zürich
M. Blumer, dipl.Ing.ETH, Hünibach**

**Forschungsarbeit 4/85 auf Antrag der Vereinigung
Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)**

Juni 1988

INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

Zusammenfassung - Résumé

3-4

1. EINLEITUNG

1.1. Auftrag	5
1.2. Aufgabenstellung und Zielsetzung	5
1.3. Verwendete Methodik und Grundlagen	6

2. DEFLEKTIONSMESSUNGEN MIT DEM BENKELMAN-BALKEN

2.1. Sammlung der Daten	7
2.2. Deflektion vor und nach Verstärkung	8
2.3. Verstärkungswirkung in Funktion der Dicke	12

3. DEFLEKTIONSMESSUNGEN MIT DEM LACROIX-DEFLEKTOGRAPHEN

3.1. Sammlung der Daten	17
3.2. Deflektion vor und nach Verstärkung	18
3.3. Verstärkungswirkung in Funktion der Dicke	20

4. JAHRESZEITLICHER VERLAUF DER DEFLEKTIONEN

4.1. Ergebnisse der Teststrecken N1 - Grauholz	33
4.2. Ergebnisse der Rundlaufversuche	36
4.3. Ergebnisse der Versuche in der Halle Fosse	36
4.4. Zusammenfassung und Ausblick	37

5. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

5.1. Korrelation zwischen Benkelman und Lacroix	38
5.2. Wahl der Solldeflektion nach Verstärkung	40
5.3. Verstärkungsdicken in Funktion der Deflektion vor Verstärkung und der Verkehrsbelastung	45
5.4. Betrachtung von weiteren Einflussfaktoren	51

INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE FÜR WEITERE FORSCHUNGSTHEMEN

6.1. Umsetzbarkeit der Ergebnisse in die Praxis	53
6.2. Offengebliebene Probleme	53
6.3. Vorschläge für ergänzende oder neue Forschungsthemen	54

LITERATURVERZEICHNIS	56
-----------------------------	----

VERZEICHNIS DER BEILAGEN	57
---------------------------------	----

Zusammenfassung

Im Rahmen der Forschungsarbeiten sind Benkelman- und Lacroix-Deflektionen gesammelt und ausgewertet worden, die über die Verstärkungswirkung eines Asphaltbetonbelages von bestimmten Schichtdicke sowie über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionen Auskunft geben. Durch Auswertung dieser Daten ist der Zusammenhang zwischen den Deflektionswerten vor und nach erfolgter Verstärkung in Funktion der Verstärkungsdicke ermittelt worden. Der Zusammenhang zwischen den Benkelman-Werten und den Lacroix-Werten ist aus der Forschungsarbeit 5/73 übernommen worden.

Die Auswertung der Daten hat einen linearen Zusammenhang zwischen der Deflektion der Unterlage vor der Verstärkung (d_0) und dem Wert "delta d" (Differenz zwischen der Deflektion vor und nach der Verstärkung) ergeben. Die Regressionsgeraden aus den ausgewerteten Benkelman- und Lacroix-Werten sind für verschiedene Verstärkungsdicken (4,8,12,16 und 20 cm) im Bericht enthalten. Nach der Wahl einer zulässigen Deflektion im Zusammenhang mit der Verkehrslast sind Dimensionierungsdiagramme (Erforderliche Schichtdicke im Zusammenhang mit der Verkehrslast und der Deflektion der Unterlage) für die Benkelman- und die Lacroix-Deflektionen erarbeiten worden.

Die Forschungsarbeiten haben sich auftragsgemäss auf die durch das Aufbringen bituminöser Schichten erzielte Tragfähigkeitsverbesserung beschränkt. Eine genaue Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse hat aber erkennen lassen, dass die Berücksichtigung der Verstärkungsdicke allein nicht immer eine ausreichende Genauigkeit für die Beurteilung der Deflektionsentwicklung gewährleistet. Die Beurteilung von weiteren Einflussparametern (Hydrologische Verhältnisse und Drainage, Materialeigenschaften der Oberbauschichten, Frostepfindlichkeit des Untergrundes, usw.) sowie eine gezielte Studie für die Bestimmung von genauen jahreszeitlichen Korrekturfaktoren sollten in einer zweiten Phase der Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

Résumé

Dans le cadre de ce mandat de recherche nous avons réuni et analysé des mesures de déflexion effectuées soit avec la poutre de Benkelman soit avec le déflectographe Lacroix. Celles-ci nous ont fourni des renseignements sur l'effet de renforcement d'un enrobé d'épaisseur déterminée ainsi que sur les variations saisonnières des valeurs de la déflexion. L'analyse de ces données a permis de déterminer une relation entre les déflexions avant et après renforcement. La corrélation entre les déflexions Benkelman et Lacroix a été réalisée sur la base des résultats du mandat 5/73.

L'exploitation des données à disposition a mis en évidence une relation linéaire entre la déflexion avant renforcement (d_0) et la valeur "delta d" (différence entre la déflexion avant et après renforcement). Le rapport contient les droites de régression des valeurs Benkelman et Lacroix pour différentes épaisseurs de renforcement (4,8,12,16 et 20 cm). Le choix d'une déflexion admissible après renforcement en fonction de la charge de trafic a permis la réalisation de diagrammes de renforcement (épaisseur de renforcement en fonction du trafic et de la déflexion avant renforcement) pour les déflexions Benkelman et Lacroix.

Conformément aux termes du mandat nous avons limité l'analyse de l'amélioration de la portance après renforcement à une seule variable: l'épaisseur de renforcement. L'étude détaillée des éléments à disposition a cependant montré que la seule prise en considération de l'épaisseur de renforcement ne permet pas toujours d'expliquer certaines particularités dans l'évolution de la portance après renforcement. Il est proposé par conséquent de prendre en considération dans une deuxième phase de l'étude des paramètres supplémentaires (conditions hydrologiques et drainage, caractéristiques des matériaux, susceptibilité au gel de l'infrastructure, etc). La détermination de facteurs fiables pour la correction des variations saisonnières de la déflexion devra également faire l'objet d'une étude particulière.

1. EINLEITUNG

1.1. Auftrag

Mit Schreiben vom 16. April 1985 sind die Société d'Analyses et Contrôles Routiers S.A. (S.A.C.R) und M. Blumer dipl. Ing. ETH/SIA vom Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement gemäss Antrag der Kommission für Strassenbauforschung beauftragt worden, Ergebnisse aus Deflektionsmessungen (Benkelman-Balken bzw. Lacroix-Deflektograph) zu sammeln, wo nötig zu ergänzen und auszuwerten. Die daraus abgeleiteten Informationen über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionen und die Verstärkungswirkung normkonformer Asphaltbetonbeläge bilden die Grundlage für die Neubearbeitung der Norm SN 640 738, Oberbauverstärkung in bituminöser Bauweise.

Das Gesuch für die Forschungsarbeiten ist am 10. Okt. 1984 der VSS-Kommission 12, Dimensionierung, eingereicht worden.

1.2. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im schweizerischen Strassenbau zeichnet sich eine deutliche Strukturänderung ab, und die Massnahmen zur Verbesserung und Modernisierung bestehender Strassen werden grössere Bedeutung erlangen. Angesichts der Wichtigkeit der Oberbauverstärkungen im Rahmen der Fahrbahnerhaltung, sieht die VSS-Kommission 12, Dimensionierung (heute Kommission 273 D), eine grundsätzliche Revision der Norm SN 640 738 (Oberbauverstärkung in bituminöser Bauweise) vor. Dabei sollen insbesondere die folgenden Änderungen bzw. Ergänzungen vorgenommen werden:

- ° Grundlage für die Dimensionierung der Oberbauverstärkung nach geltender VSS-Norm SN 640 738 (März 1977) bilden die während der Periode der geringsten Tragfähigkeit (Auftauperiode und die vier folgenden Wochen) gemessenen Deflektionen. Dies ist nicht zweckmässig, denn die Messwerte schwanken erfahrungsgemäss während der Auftauperiode sehr stark und können deshalb nicht als schlüssig betrachtet werden. Bei der Neufassung der Norm sind deshalb der Dimensionierung die ausserhalb der Frost- und Auftauperiode gemessenen Deflektionen zugrunde zu legen.

- ° Die geltende Norm SN 640 738 basiert ausschliesslich auf Messungen mit dem Benkelman-Balken, und die mit dem Lacroix-Deflektographen ermittelten Deflektionswerte können nicht direkt benützt werden. Da der Lacroix-Deflektograph rationeller eingesetzt werden kann und rasch eine grosse Anzahl Informationen liefert, die eine statistische Auswertung gestatten, wird er in der Schweiz häufiger zur Erfassung des Tragfähigkeitszustandes verwendet als der Benkelman-Balken. Bei der Neufassung der Norm ist deshalb auch die auf Messungen mit dem Lacroix-Deflektographen basierende Dimensionierung der Oberbauverstärkung einzubeziehen.

1.3. Verwendete Methodik und Grundlagen

Im Rahmen der Forschungsarbeiten sind Daten gesammelt und ausgewertet worden, die Auskunft geben über:

- a) den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionen,
- b) die Verstärkungswirkung eines normkonformen Asphaltbetonbelages von bestimmter Schichtdicke (Deflektion vor und nach erfolgter Verstärkung).

Informationen über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionswerte sind uns vom Autobahnamt des Kantons Bern zur Verfügung gestellt worden.

Die Sammlung der Daten über Deflektionswerte vor und nach erfolgter Verstärkung erfolgte getrennt für den Benkelman-Balken und den Lacroix-Deflektographen. Verschiedene kantonale und kommunale Verwaltungen haben uns die Ergebnisse durchgeführter Deflektionsmessungen zur Verfügung gestellt und zum Teil zusätzliche Messungen nach erfolgter Oberbauverstärkung in Auftrag gegeben. Benützt wurden zudem die Resultate von Archivuntersuchungen und der Forschungsarbeiten 27/67 "Versuchsstrecke mit bituminösem Oberbau" (Versuchsstrecke Kiesen BE zur Bestimmung von Äquivalenzfaktoren auf Grund von Deflektionsmessungen).

Durch Auswertung dieser Daten ist der Zusammenhang zwischen den Deflektionswerten vor und nach erfolgter Verstärkung in Funktion der Verstärkungsdicke ermittelt worden.

2. DEFLEKTIONSMESSUNGEN MIT DEM BENKELMAN-BALKEN

2.1. Sammlung der Daten

Es liegen zahlreiche Deflektionsmessungen gemäss SN-Norm 670 362 (Versuche, Der Benkelmanbalken) vor, die benützt worden sind, die Tragfähigkeit bestehender Strassen zu ermitteln und eine Oberbauverstärkung zu dimensionieren. Messungen der Deflektionen nach erfolgter Oberbauverstärkung - als Erfolgskontrolle der durchgeführten Massnahmen sozusagen - sind aber nur vereinzelt durchgeführt worden. Hingegen führen verschiedene Verwaltungen auf einzelnen Strassenzügen regelmässig, in Abständen von ein paar Jahren, Deflektionsmessungen durch, die auf die Wirkung zwischenzeitlich durchgeführter Oberbauverstärkungen schliessen lassen. Erfreulicherweise sind zudem von einzelnen Verwaltungen zu ihren Lasten zusätzliche Deflektionsmessungen nach durchgeführten Verstärkungsarbeiten realisiert worden, auf Strecken, bei denen vor Durchführung der Arbeiten auf Deflektionsmessungen basierende Verstärkungsstudien gemacht worden sind.

Die nachstehenden kantonalen und kommunalen Verwaltungen bzw. Ingenieurbüros haben uns freundlicherweise Daten über Deflektionsmessungen mit dem Benkelman-Balken vor und nach erfolgter Verstärkung zur Verfügung gestellt:

- Aargauisches Baudepartement, Abteilung Tiefbau (Kantonsstrassen K 233 Zofingen-Murgenthal; K 248 Lenzburg-Wildegg; K 249 Lenzburg-Beinwil am See; K 287 Villigen-Gansingen; K 325 Schöftland-Reitnau; K 330 Schöftland-Gontenschwil; K 413 Niederwil-Stetten; K 414 Mellingen-Künten; K 427 Lengnau-Obersiggenthal; K 471 Veltheim-Rupperswil)
- Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieur des I. Kreises, Thun (Staatsstrasse Zweisimmen-Lenk, Teilstrecken Blankenburg-St. Stephan / Stöckli-Garage Bühler, Grodey und Garage Bühler, Grodey-I de Stocke, Matten-Boden, Lenk)
- Tiefbauamt der Stadt Thun (Goldiwilstrasse; Hohmadstrasse; Jungfraustrasse-Stockhornstrasse)
- Ing.büro Rudolf Häberli, Spiez (Güterweg Habkern-Lombachhöhe)

- ° Tiefbauamt des Kantons Zürich (Flughafen Zürich, Umfahrungsstrasse 28 / Rietstrasse)

Von den Forschungsarbeiten 27/67 (Versuchsstrecke Kiesen/BE) sind die Ergebnisse der Versuchsfelder 1 (Verstärkung 16 cm), 4...9 (Verstärkung 8 cm) sowie 10 und 11 (Belagsüberzug 4 cm) benützt worden.

2.2. Deflektion vor und nach Verstärkung

Nach der Norm SN 640 738 wird der für die Oberbauverstärkung massgebende Deflektionswert d_v nach folgender Formel berechnet:

$$d_v = \bar{d} + 2 s$$

$\bar{d}$ = mittlere Deflektion (1/100 mm)
 s = Standardabweichung

Die aufgrund der massgebenden Deflektion und der äquivalenten Verkehrslast bestimmte Verstärkungsdicke wird als Mittelwert betrachtet. Man nimmt also in Kauf, dass die ermittelte Gesamtdicke der Oberbauverstärkung in einzelnen Bereichen unterschritten und in andern Bereichen überschritten wird. Erfahrungsgemäss variieren die bei der Verstärkung einer alten Fahrbahn resultierenden Schichtdicken tatsächlich in der Regel sehr stark, und bei der Beurteilung einzelner Messpunkte lassen sich die vor und nach Verstärkung ermittelten Deflektionswerte nicht mit genügender Genauigkeit einer bestimmten Verstärkungsdicke zuordnen.

Die Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen am Beispiel verschiedener Abschnitte der Staatsstrasse St.Stephan-Lenk den Verlauf der Deflektionen, die vor und nach erfolgter Verstärkung an den gleichen Punkten gemessen worden sind:

- ° Im Abschnitt km 3.400 - km 4.900 hat man im Sommer 1983 einen maschinellen Profilausgleich mit im Mittel 2,5 cm AB 16 ausgeführt und darauf eine HMT von 6 bzw. 8 cm Dicke eingebaut. Im Sommer 1985 ist dann auf ganze Länge eine 4 cm starke Deckschicht AB 10 eingebaut worden. Damit ist es gelungen, die an verschiedenen Schwachstellen festgestellten Deflektionen von über 150 1/100 mm auf Werte von weniger als 100 zu reduzieren, wobei anzunehmen ist, dass gerade an diesen Schwachstellen (Einsenkungen, verdrückte

Randzonen), welche eine signifikante Verbesserung erfahren haben, die effektive Gesamtdicke der Verstärkungsschichten deutlich grösser ist als die mittlere Verstärkungsdicke.

- ° Im Abschnitt km 4.900 - km 5.700 hat man im Sommer 1983 auf der rechten Fahrbahnhälfte (Richtung Lenk) eine Ausgleichsschicht von ca. 2,0 cm mittlerer Dicke und eine 4 cm starke Deckschicht AB 10 eingebaut. Auf der Gegenseite wurde vorerst ein ca. 1,50 m Streifen der Fahrbahn (längs eines bestehenden Gehweges) herausgefräst und mit 4 cm bzw. 10 cm HMT verfüllt, bevor man die 4 cm starke Deckschicht AB 10 eingebaut hat.

Wie erwähnt, lässt sich die verstärkungsbedingte Änderung der Deflektion eines individuellen Messpunktes normalerweise nicht in Beziehung zu einer bestimmten Verstärkungsdicke bringen. Aussagekräftiger ist die Zuordnung der Mittelwerte $\bar{d}$ oder der massgebenden Deflektionswerte $d_v = \bar{d} + 2s$ eines als homogen betrachteten Abschnittes zur mittleren Verstärkungsdicke dieses Abschnittes.

Am Beispiel der Teilstrecken Blankenburg-St.Stephan (3.800 km) und St.Stephan-Lenk (5.700 km) der Staatsstrasse Zweisimmen-Lenk zeigen die Abbildungen 2.3 und 2.4 die massgebenden Deflektionswerte d_v der einzelnen Abschnitte vor und nach erfolgter Verstärkung durch einen zwei- bis dreischichtigen Asphaltbetonbelag in einer mittleren Gesamtdicke, die je nach Deflektion der bestehenden Strasse zwischen 6 cm und 14,5 cm variiert. Mit der Oberbauverstärkung durch eine 2,0-2,5 cm starke Ausgleichsschicht zur Profilverbesserung, einer 4-8 cm starken HMT und einer 4 cm dicken Deckschicht wollte man die auf der bestehenden Fahrbahn gemessenen Deflektionen auf einen Wert $d_v = \bar{d} + 2s < 110 \text{ l/100 mm}$ reduzieren (Dimensionierung nach Norm SN 670 362: TF = 300, angenommene Gebrauchsdauer $n = 10$ Jahre). Mit Ausnahme dreier Abschnitte mit besonderen Verhältnissen (nachgiebige Schüttung) ist das angestrebte Ziel erreicht worden.

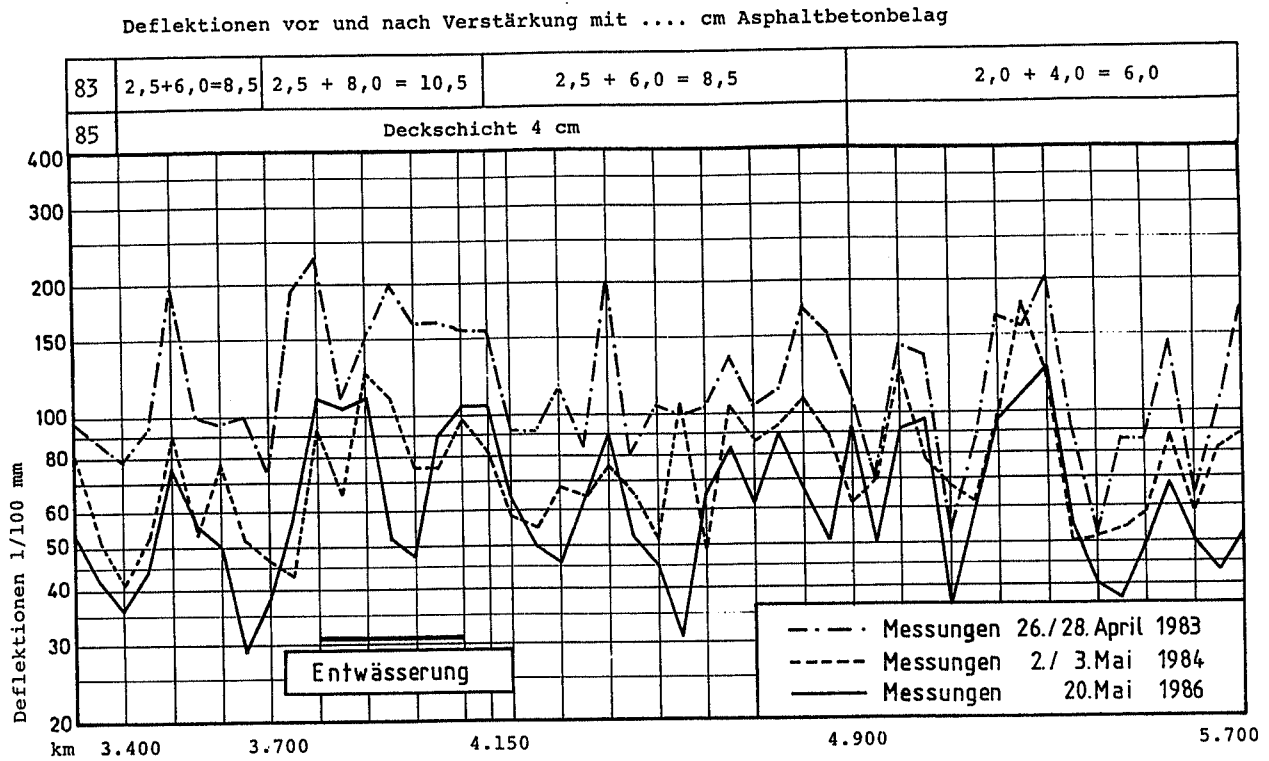


Fig. 2.1 Staatsstrasse St. Stephan - Lenk
 Matten (km 3.400) - Boden, Lenk (km 5.700)
 Fahrspur St. Stephan ----> Lenk

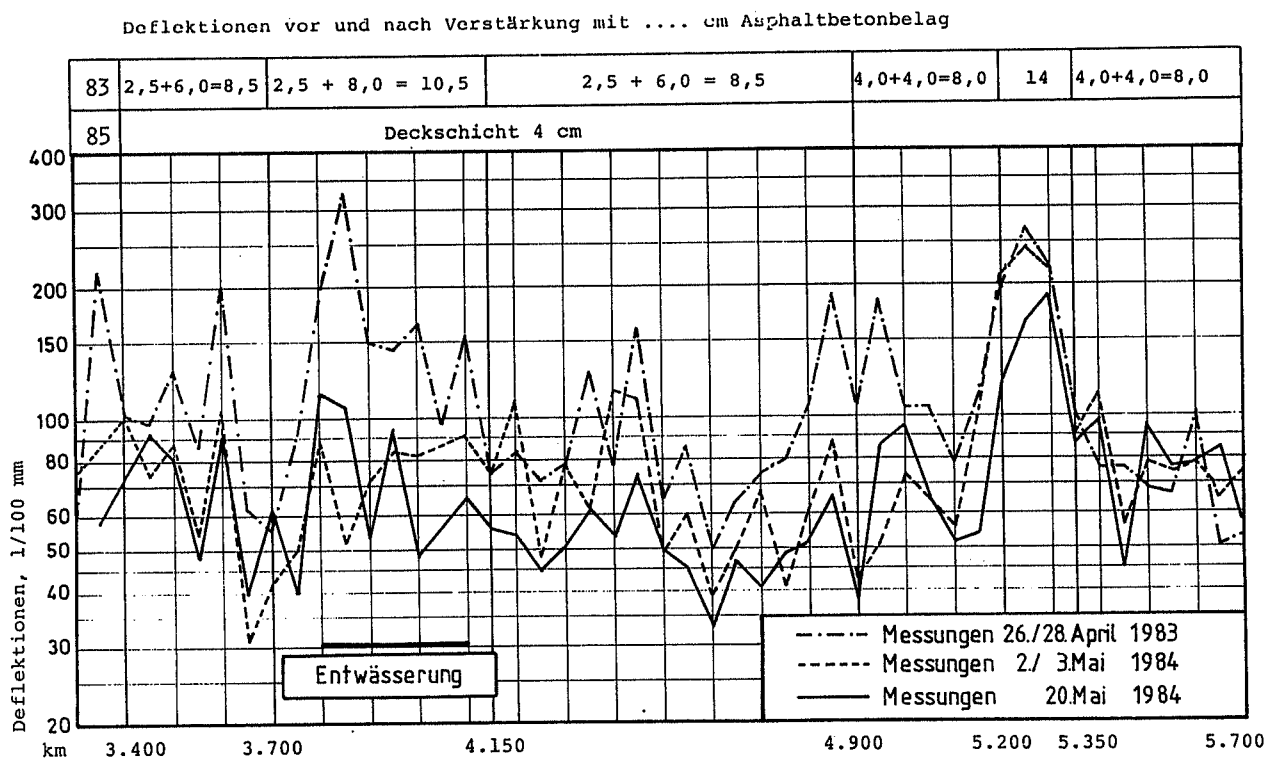


Fig. 2.2 Staatsstrasse St. Stephan - Lenk
 Matten (km 3.400) - Boden, Lenk (km 5.700)
 Fahrspur Lenk ----> St. Stephan

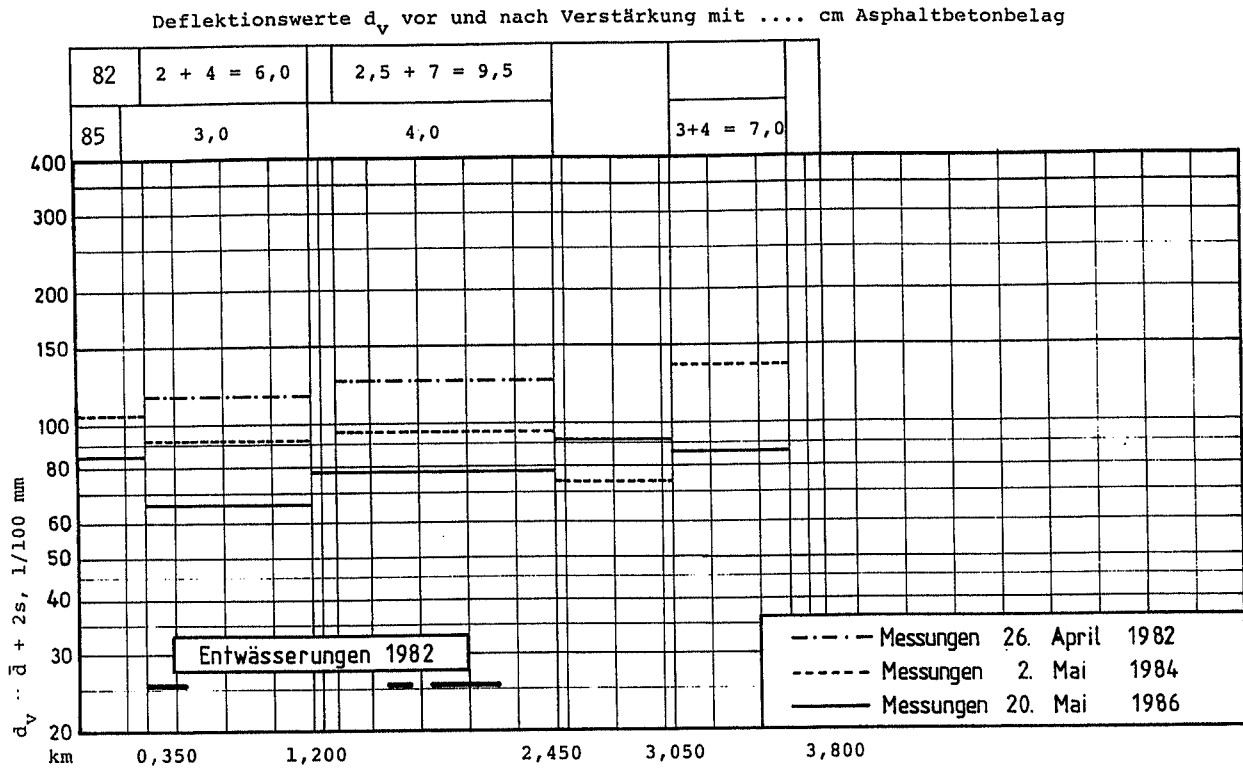


Fig. 2.3 Staatsstrasse Blankenburg - St. Stephan
Blankenburg (km 0.000) - Grodey (km 3.800)

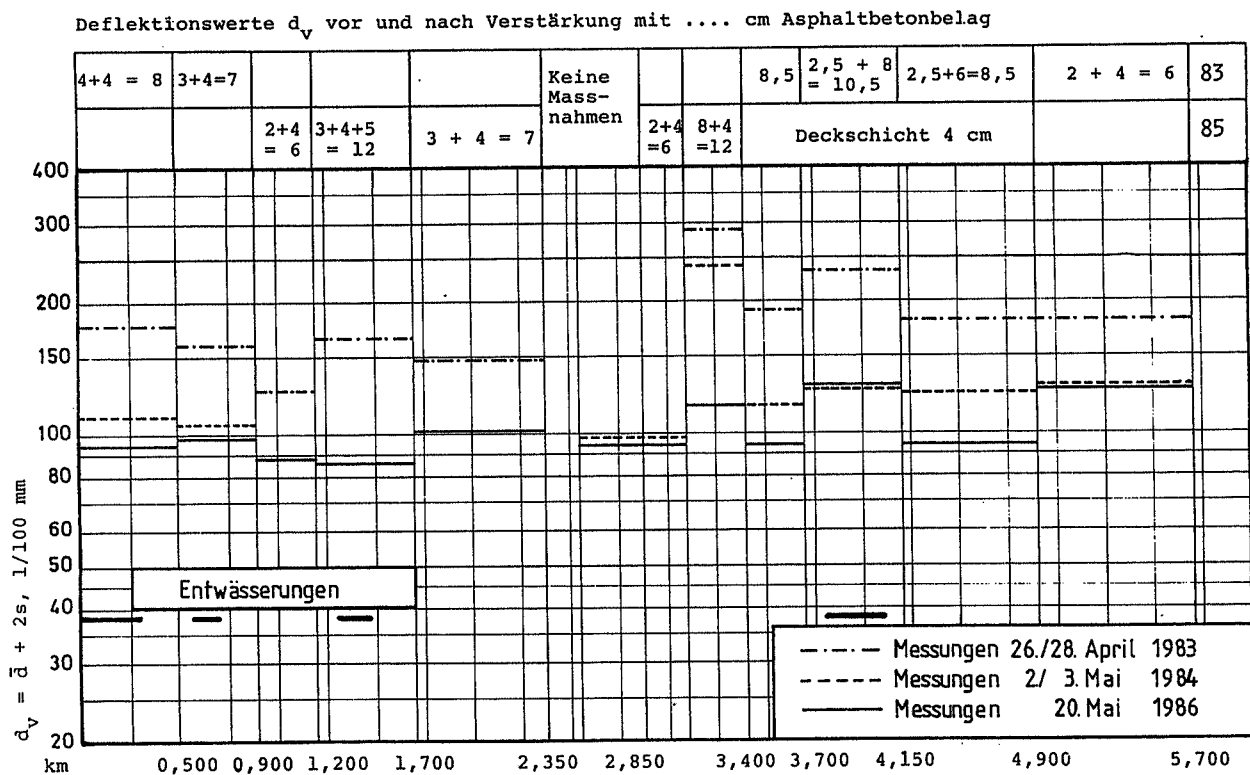


Fig. 2.4 Staatsstrasse St. Stephan - Lenk
Grodey (km 0.000) - Boden, Lenk (km 5.700)

2.3. Verstärkungswirkung in Funktion der Dicke

Als Mass für die Verbesserung der Tragfähigkeit durch den auf-
gebrachten Belag (= Verstärkungswirkung) ist die Differenz zwi-
schen der Deflektion vor Verstärkung und der Deflektion nach
Verstärkung definiert worden:

$$\Delta d = d_o - d_h$$

d_o = Deflektion der Unterlage

d_h = Deflektion nach erfolgter Verstärkung mit einem
Asphaltbetonbelag von h cm Dicke

In Fig. 2.5 ist die Verstärkungswirkung Δd eines 3-4 cm star-
ken Belagsüberzuges in Funktion der Deflektion der Unterlage
 d_o dargestellt. Fig. 2.6 zeigt die analoge Darstellung für eine
Gesamtdicke der Verstärkung von 7-8 cm und Fig. 2.7 für eine
Verstärkung von 14-16 cm Gesamtdicke. (Andere Verstärkungsdicken
konnten nicht einbezogen werden, da nicht genügend Daten vor-
handen waren um eine gesicherte Aussage zu machen.) Wie im Ab-
schnitt 2.2 erwähnt, hat man nicht individuelle Messpunkte be-
trachtet; bei den angegebenen Deflektionswerten d_o bzw. Δd
handelt es sich um Mittelwerte $\bar{d}$ oder um (für die Dimensio-
nierung der Oberbauverstärkung massgebende) Deflektionswerte
 $d_v = \bar{d} + 2s$ eines homogenen Abschnittes und bei den zugeordneten
Verstärkungsdicken um Mittelwerte des betreffenden Abschnittes.

Die lineare Regression

$$\Delta d = A \cdot d_o + B$$

ergibt einen relativ guten Zusammenhang zwischen den auf der
Unterlage gemessenen Deflektionen d_o und der durch die Ver-
stärkung bewirkten Reduktion Δd . Der Vergleich der für die
drei verschiedenen Verstärkungsdicken ermittelten Regressions-
geraden zeigt:

- ° Bei definierter Verstärkungsdicke (A konstant) nimmt der
Wert Δd mit zunehmender Ausgangsdeflektion d_o zu. Das
heisst, die durch eine bestimmte Schicht bewirkte Trag-
fähigkeitsverbesserung ist um so grösser, je nachgiebiger
die Unterlage ist.
- ° Die Steigung A der Regressionsgeraden ist bei gegebenem
Material (in den untersuchten Fällen Asphaltbetonbeläge)

Fig. 2.5 Verstärkungswirkung Δd eines 3-4 cm starken Asphaltbetonbelages

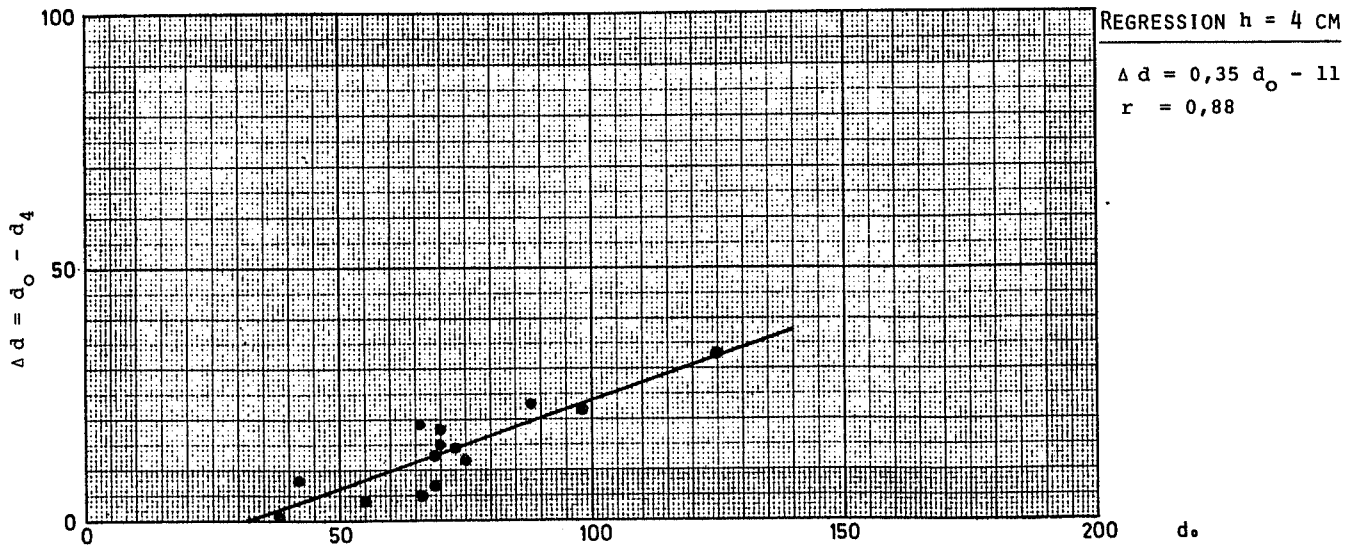


Fig. 2.6 Verstärkungswirkung Δd eines 7-8 cm starken Asphaltbetonbelages

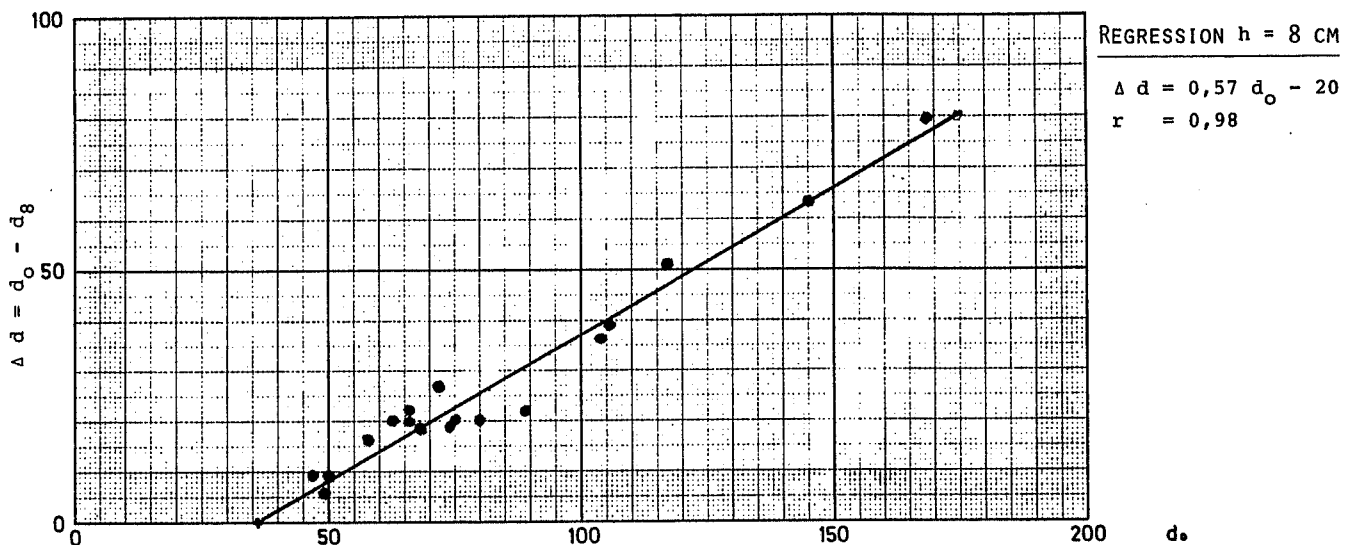
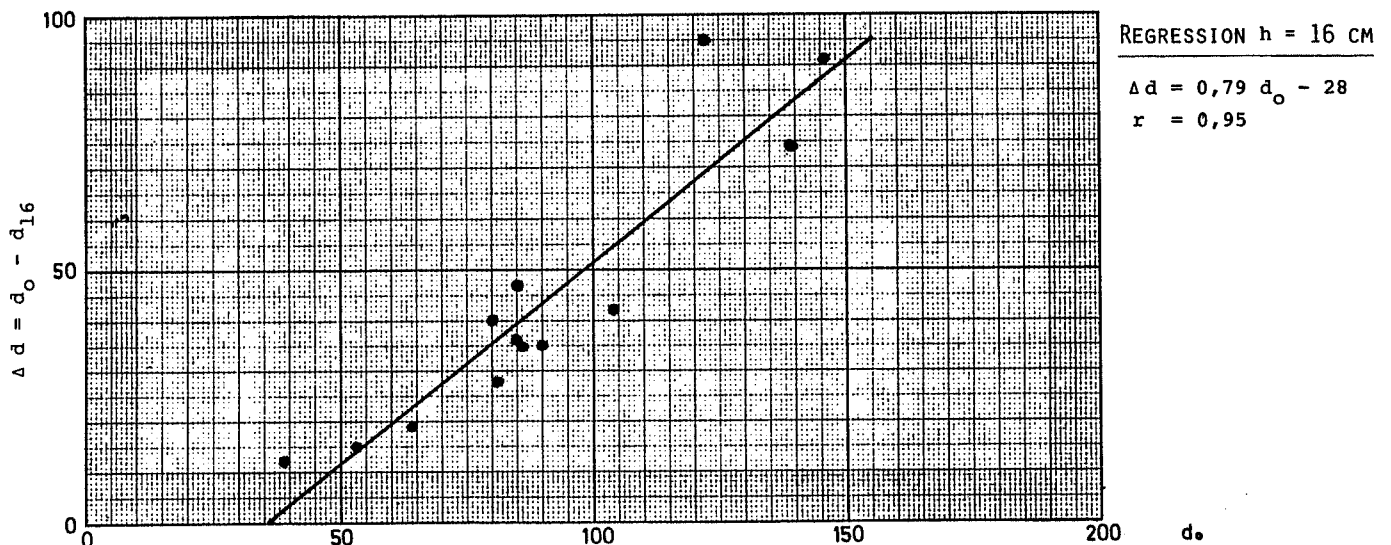


Fig. 2.7 Verstärkungswirkung Δd eines 14-16 cm starken Asphaltbetonbelages



eine Funktion der Verstärkungsdicke. Mit zunehmender Schichtdicke ergibt sich eine erhöhte Verstärkungswirkung.

- ° Der y-Achsenabschnitt B ist bei allen Regressionsgeraden negativ, was bedeutet, dass bei einer bestimmten Ausgangsdeflektion d_o der Wert $\Delta d = 0$ wird, also keine Verstärkungswirkung eintritt.

Für den in Fig. 2.8 dargestellten Zusammenhang zwischen der Verstärkungswirkung Δd bei unterschiedlicher Verstärkungsdicke und der Deflektion der Unterlage d_o sind wir von der für eine Verstärkungsdicke von 8 cm ermittelten Regressionsgeraden ausgegangen (Fig. 2.6):

$$d_o - d_8 = 0,57 d_o - 20 \quad (1)$$

Die Koeffizienten A und B der Gleichungen für die Schichtdicken 4 cm, 12 cm, 16 cm und 20 cm sind von der Gleichung (1) abgeleitet worden. Dabei wurde vorausgesetzt, dass sich bei einer Verstärkungsdicke von 8 cm die gleiche Reduktion der Ausgangsdeflektion einstellt wie bei einer Verstärkung von 4 cm + 4 cm:

$$d_o - d_8 = (d_o - d_4) + (d_4 - d_8)$$

Die Steigung a und der y-Achsenabschnitt b der Geraden für eine Verstärkungsdicke von 4 cm ergeben sich bei dieser Voraussetzung aus der Gleichung (1) wie folgt:

$$d_o - d_4 = a \cdot d_o - b \quad (2)$$

$$d_4 - d_8 = a \cdot d_4 - b = (a - a^2) d_o + (a - 1) b \quad (3)$$

$$d_o - d_8 = (2) + (3) = (2a - a^2) d_o + (a - 2) b \quad (4)$$

Aus den Gleichungen (1) und (4) lassen sich die Koeffizienten a und b bestimmen:

$$a = 0,35$$

$$b = 12$$

Damit lässt sich die Verstärkungswirkung Δd einer 4 cm dicken Verstärkungsschicht mit folgender Gleichung beschreiben:

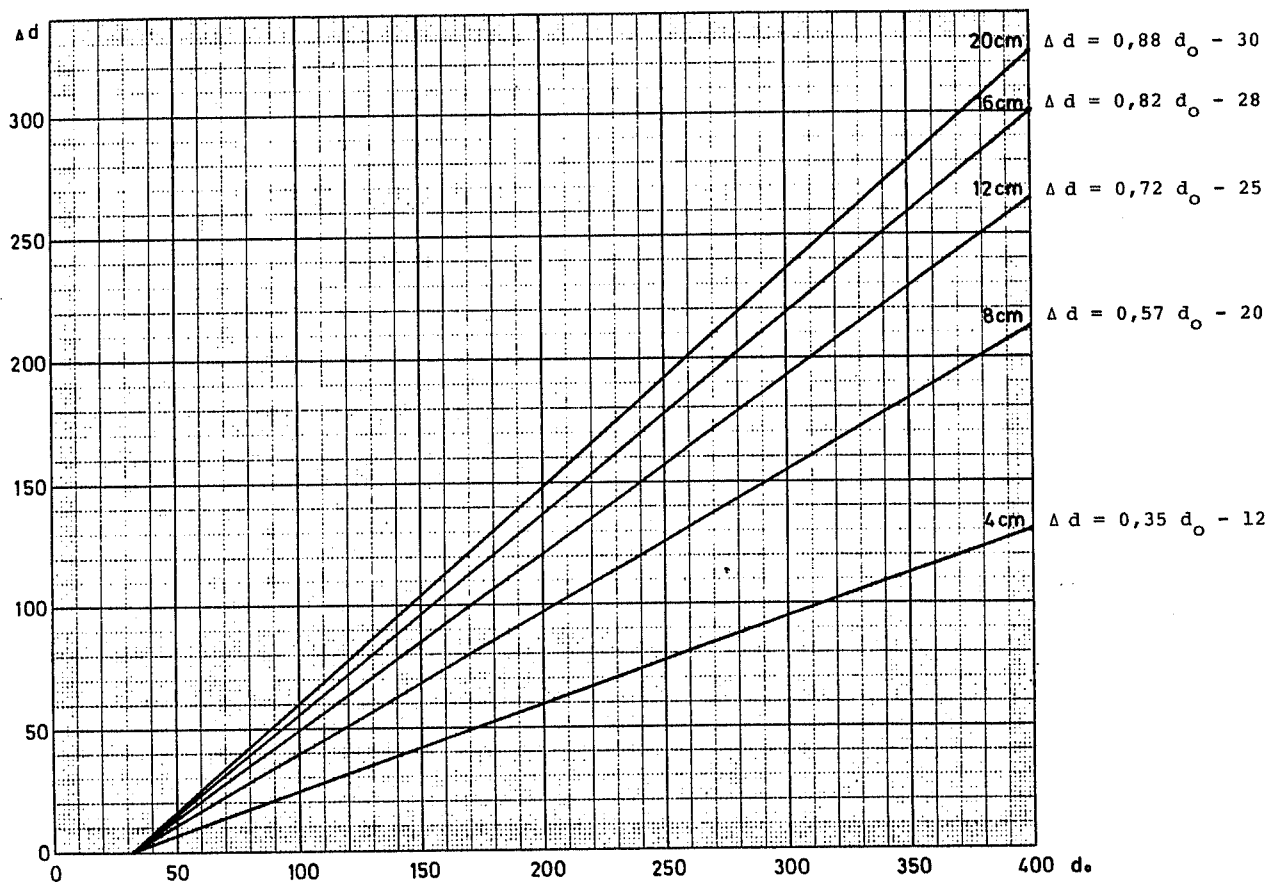
$$d_o - d_4 = 0,35 d_o - 12 \quad (5)$$

Für die Ableitung der Formeln für die Verstärkungsdicken 12 cm, 16 cm und 20 cm geht man von Gleichung (1) aus und rechnet die Tragfähigkeitsverbesserungen dazu, welche sich jeweils aus einer zusätzlichen Verstärkung um 4 cm ergeben:

$$\begin{aligned}
 d_o - d_8 &= 0,57 d_o - 20 \quad (1) \\
 d_8 - d_{12} &= 0,35 d_8 - 12 = 0,15 d_o - 5 \quad (6) \\
 d_o - d_{12} &= (1) + (6) = 0,72 d_o - 25 \quad (7) \\
 d_{12} - d_{16} &= 0,35 d_{12} - 12 = 0,10 d_o - 3 \quad (8) \\
 d_o - d_{16} &= (7) + (8) = 0,82 d_o - 28 \quad (9) \\
 d_{16} - d_{20} &= 0,35 d_{16} - 12 = 0,06 d_o - 2 \quad (10) \\
 d_o - d_{20} &= (9) + (10) = 0,88 d_o - 30 \quad (11)
 \end{aligned}$$

Die derart berechneten Gleichungen für Verstärkungsdicken von 4 cm (5) bzw. 16 cm (9) stimmen relativ gut mit den aufgrund der Datenauswertung ermittelten Regressionsgeraden für eine Verstärkung von 3-4 cm Dicke (Fig. 2.5) bzw. von 14-16 cm Dicke (Fig. 2.7) überein.

Fig. 2.8 Verstärkungswirkung Δd in Funktion von Verstärkungsdicke h und Deflektion der Unterlage d_o



Aus den beiden untenstehenden Tabellen lässt sich der Zusammenhang zwischen der als Verstärkungswirkung definierten Differenz der Deflektionen vor und nach erfolgter Verstärkung Δd , der Verstärkungsdicke h und der Deflektion der Unterlage d_o erkennen. Tab. 2.9 enthält die Werte Δd in 1/100 mm sowie in Prozent der Ausgangsdeflektion d_o . Aus Tab. 2.10 ist die relative Verstärkungswirkung der einzelnen Verstärkungsschichten in Abhängigkeit der Ausgangsdeflektion ersichtlich.

Tab. 2.9 Verstärkungswirkung Δd in 1/100 mm und in Prozent der Ausgangsdeflektion d_o

Verstärkungsdicke h		Deflektion der Unterlage d_o , 1/100 mm			
		50	100	200	400
4 cm	Verstärkungswirkung Δd in 1/100 mm und in % von d_o	6 = 12%	23 = 23%	58 = 29%	128 = 32%
8 cm		9 = 18%	37 = 37%	94 = 47%	208 = 52%
12 cm		11 = 22%	47 = 47%	119 = 60%	263 = 66%
16 cm		13 = 26%	54 = 54%	136 = 68%	300 = 75%
20 cm		14 = 28%	58 = 58%	146 = 73%	322 = 81%

Tab. 2.10 Relative Verstärkungswirkung (Δd je cm) in Prozent der Ausgangsdeflektion d_o

Verstärkungsdicke h		Deflektion der Unterlage d_o , 1/100 mm			
		50	100	200	400
4 cm	Verstärkungswirkung Δd je cm Dicke in % von d_o	3,00 %	5,75 %	7,25 %	8,00 %
8 cm		2,25 %	4,63 %	5,88 %	6,50 %
12 cm		1,83 %	3,92 %	5,00 %	5,50 %
16 cm		1,63 %	3,38 %	4,25 %	4,69 %
20 cm		1,40 %	2,90 %	3,65 %	4,05 %

3. DEFLEKTIONSMESSUNGEN MIT DEM LACROIX-DEFLEKTOGRAPHEN

3.1. Sammlung der Daten

Mehrere kantonale Verwaltungen führen auf ihrem Hauptstrassennetz, in Abständen von ein paar Jahren, regelmässige Deflektionsmessungen mit dem Lacroix-Deflektographen durch. Die kantonalen Verwaltungen der Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Freiburg, Genf, Jura, Neuenburg und Thurgau haben uns auf Anfrage eine Liste der in den letzten Jahren verstärkten Abschnitte freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Intensive Archivuntersuchungen haben dann die Identifizierung der gesuchten Strecken erlaubt, wo die nötigen Deflektionsmessungen mit dem Lacroix-Deflektographen vor und nach Verstärkung vorhanden waren. Die nachstehenden Strecken sind nach Überprüfung von gewissen Randbedingungen (Zeitabstand zwischen den Messungen, Länge, usw.) für die Forschungsarbeiten berücksichtigt worden:

Kanton Aargau

- K 108 : Gemeinde Moosleerau
- K 112 : Möriken - Wildegg
- K 235 : Oberentfelden - Suhr
- K 283 : Schneisingen - Siglistorf

Kanton Basel-Landschaft

- Strecke Zeglingen - Wisen (Verwaltungskreis III)

Kanton Genf

- RC 1 : Route de Thonon
- RC 3 : Route de St. Julien
- RC 4 : Route de Bellegarde
- RC 27 : Route de Troinex + Route de Pierre Grand
- RC 61 : Route Antoine Martin
- RC 67 : Route de Soral
- RC 68 : Route de Sézegnin
- RC 70 : Route d'Avully
- RC 71 : Route de la Plaine
- RC 85 : Route de Moulin-Roget

Kanton Jura

- Verschiedene Abschnitte der T6 und der T18a

Kanton Freiburg

- Verschiedene Abschnitte der meisten Staatsstrassen (siehe die Zusammenstellung in den Beilagen)

Die gute Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Militärflugplätze (BAMF) hat uns ebenfalls gestattet, die interessante Verstärkung auf dem Flugplatz Sitten (Hocheinbau zwischen 3 und 20 cm) für diese Auswertung zu berücksichtigen.

3.2. Deflektionen vor und nach Verstärkung

Nach der Verstärkungsnorm SN 640'738 wird der für die Oberbauverstärkung massgebende Deflektionswert d_v nach der Formel $d_v = \bar{d} + 2s$ berechnet. Die mittlere Deflektion $\bar{d}$ (1/100 mm) und die Standardabweichung s beziehen sich auf homogene Abschnitte, die einen Variationskoeffizienten ($\bar{d}/s$) von Maximum 30 % aufweisen sollten. Die grosse Messdichte des Deflektographen (2 Deflektionswerte alle 4.5 m) hat eine an diesem Auftrag angepasste Aufteilung erlaubt. Um die unter 2.2. schon erwähnte Problematik der teilweise stark variierenden Verstärkungsdicken Rechnung zu tragen, sind bei der Auswertung der verstärkten Strecken eher mehrere verschiedene kurze homogene Zonen mit einem bestimmten Wert als ein oder zwei lange Abschnitte berücksichtigt worden. Diese Methode ermöglicht eine genauere Auswertung der auf den Strecken registrierten Werte. Berücksichtigt man zu lange homogene Abschnitte, würden auftretende Spitzenwerte zu wenig gewichtet werden. Um diese Spitzenwerte berücksichtigen zu können, haben wir für diese kurzen Zonen d_{max} betrachtet. Wie aus der Literatur zu entnehmen ist [1,2], spielt es bei der Berechnung der Verstärkungswirkung einer Belagsschicht ($d_{vorher} - d_{nachher}$) kaum eine Rolle, ob man die Werte d_{max} oder d_v anwendet. In der Tat ist es meistens so, dass eine Verstärkung keine Verbesserung der Standardabweichung bewirkt, sondern nur eine Herabsetzung des Mittelwertes (siehe die Abbildung 3.1).

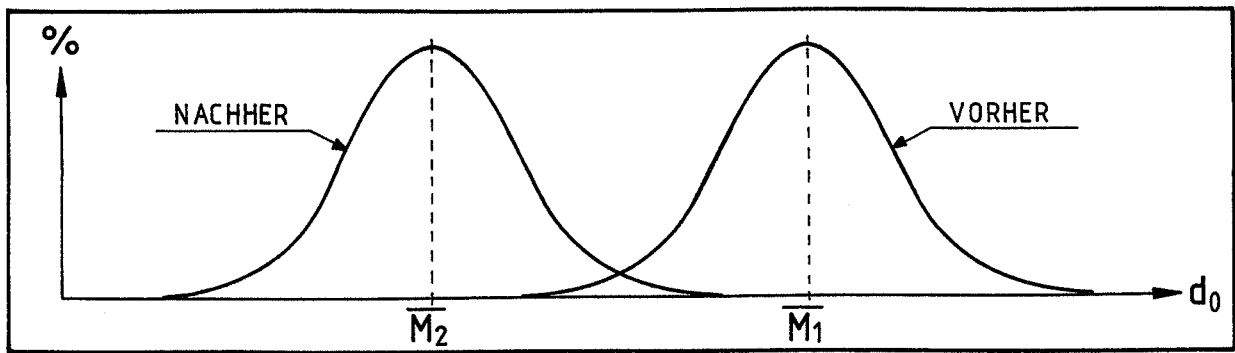


Fig. 3.1 Verteilung der Werte vor und nach der Verstärkung

Die Abbildung 3.2 zeigt am Beispiel einer im 1985 verstärkten Strecke (BL, Zeglingen-Wisen) die Entwicklung der Deflektionen vor der Verstärkung (1984) und nach der Verstärkung (1986) mit einem ca 8 cm dicken AB 25u. Die teilweise sehr hohen Deflektionswerte von 1984 haben sich nach der Verstärkung deutlich reduziert. Die an der Achse gemessenen Werte sind etwas weniger deutlich zurückgegangen, was sich wahrscheinlich durch eine verminderte Verstärkungsdicke (Profilausgleich) erklären lässt.

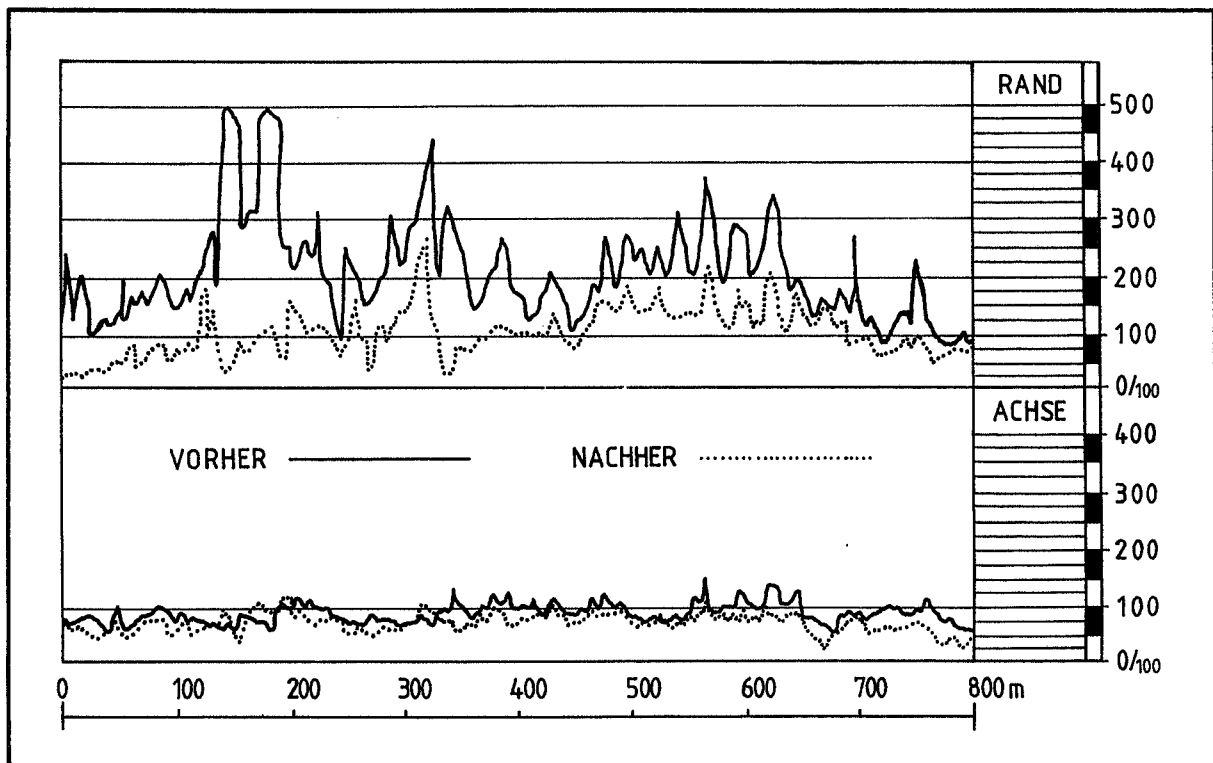


Fig. 3.2 Deflektion vor und nach einer Verstärkung von 8 cm

3.3. Verstärkungswirkung in Funktion der Dicke

Als Mass für die Beurteilung der Verstärkungswirkung (Verbesserung der Tragfähigkeit durch den aufgetragenen Belag) ist die Differenz "delta d" zwischen der Deflektion vor der Verstärkung und der Deflektion nach der Verstärkung berücksichtigt worden:

$$\begin{aligned}\text{delta d} &= d_o - d_h \\ d_o &= \text{Deflektion vor der Verstärkung} \\ d_h &= \text{Deflektion nach der Verstärkung mit einem} \\ &\quad \text{Asphaltbeton von h cm Dicke}\end{aligned}$$

Die zur Verfügung stehenden Daten beziehen sich auf Verstärkungen zwischen 4 und 18 cm. Dank der umfangreichen Datenmenge bei verschiedenen Verstärkungsdicken konnten mehrere Strecken in die Auswertung einbezogen werden. Alle Resultate sind in Form von graphischen Darstellungen in den Beilagen 1 bis 10 zu finden. Zu Dokumentationszwecken haben wir die gleichen Resultate in den Beilagen 11 bis 30 tabellarisch dargestellt.

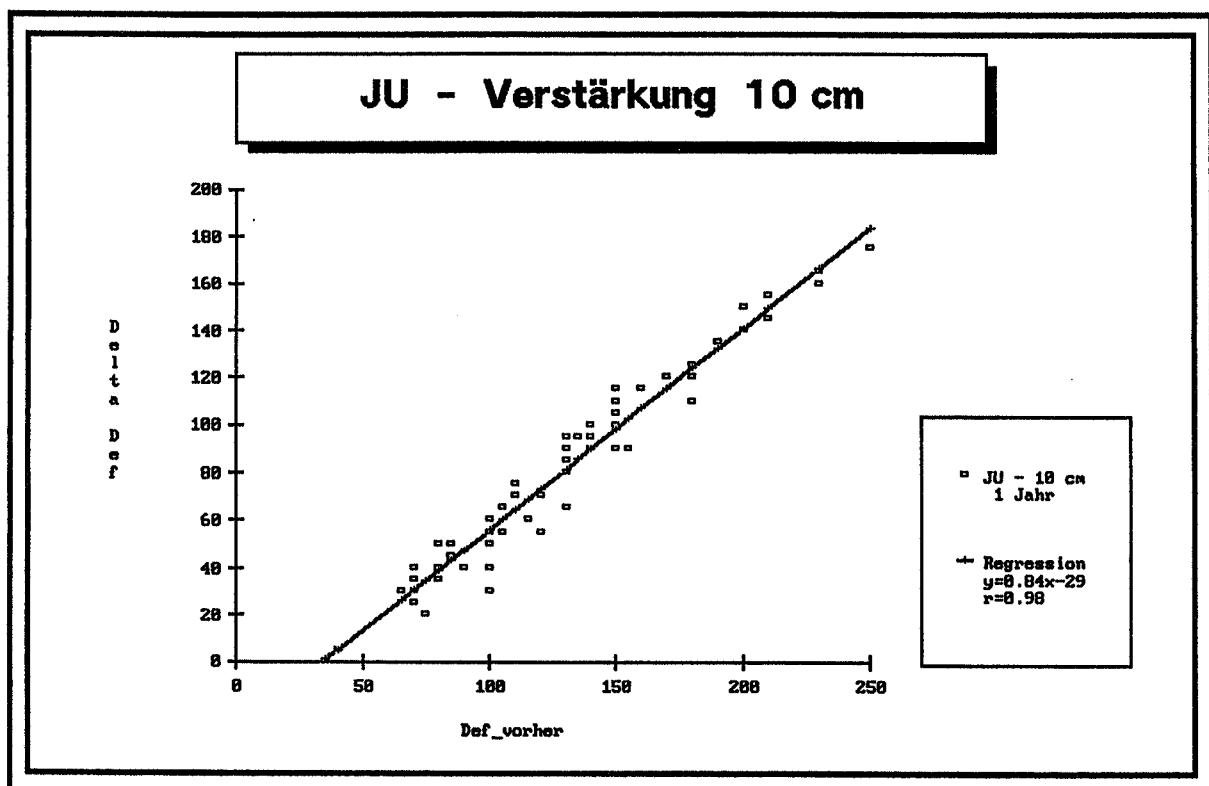


Fig 3.3 Darstellung der Verstärkungswirkung eines 10 cm starken Belagsüberzuges (6+4 cm)

Die Abbildung 3.3 zeigt für eine bestimmte Strecke die Verstärkungswirkung eines 10 cm starken Überzuges (6 cm HMT-B 25 + 4 cm AB 16) in Form von einem $d_0/\Delta d$ Diagramm. Jeder Punkt dieses Diagrammes stellt ein Ergebnispaar " $d_0/\Delta d$ " dar, bezogen auf einen homogenen Streckenabschnitt von meistens 20 bis 100 Meter.

Ausserdem enthält das Diagramm die folgenden Angaben:

- Zeitabstand zwischen der Verstärkung und die Deflektionsmessungen nach der Verstärkung (hier 1 Jahr)
- Formel der linearen Regression " $\Delta d = A \cdot d_0 + B$ " mit dem Regressionskoeffizient " r ".

Die geeignete Regressionsform der Ergebnispaare " $d_0/\Delta d$ " wurde überprüft. Zum Beispiel haben wir die 126 Wertpaare einer 14 cm starken Verstärkung (2 x 7 cm eines 0/25) mit der linearen, der exponentialen und der logarithmischen Regression untersucht und verglichen. Die Abbildung 3.4 zeigt deutlich, dass die Wahl einer linearen Regression die geeignete Lösung ist.

Die Regressionskoeffizienten " r " der 19 Diagramme liegen im allgemeinen zwischen 0.85 und 0.99. Dabei sind zwei deutliche Tendenzen zu erkennen. Einerseits verbessern sich die Regressionskoeffizienten bei steigenden Verstärkungsdicken. Andererseits werden sie in den Jahren nach der Verstärkung langsam schlechter. Die Verstärkungswirkung vermindert sich ebenfalls mit der Zeit; dies vor allem für die dünnen Belagsüberzüge von 4 bis 5 Zentimetern. In der Abbildung 3.5 ist die Verstärkungswirkung eines 4 cm starken Belagsüberzuges auf Grund von Messergebnissen nach 1 bis 2 Jahren nach der Verstärkung sowie auf Grund von Messungen zwischen 3 und 4 Jahren nach der Verstärkung dargestellt. Die Verstärkungswirkung dieses 4 cm Belagsüberzuges ist nach 4 Jahren vollständig, verschwunden und die lineare Regression mit einem Regressionskoeffizient von 0.13 ist ebenfalls fragwürdig geworden. Die Abbildung 3.6 zeigt hingegen eine "normalere" Entwicklung der Verstärkungswirkung für einen 7 cm starken Belagsüberzug.

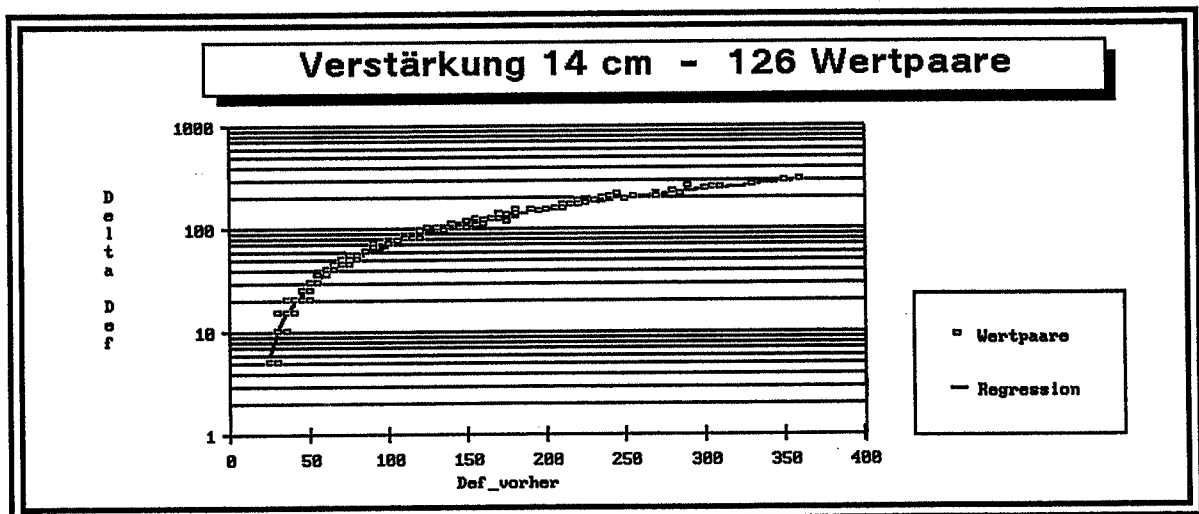
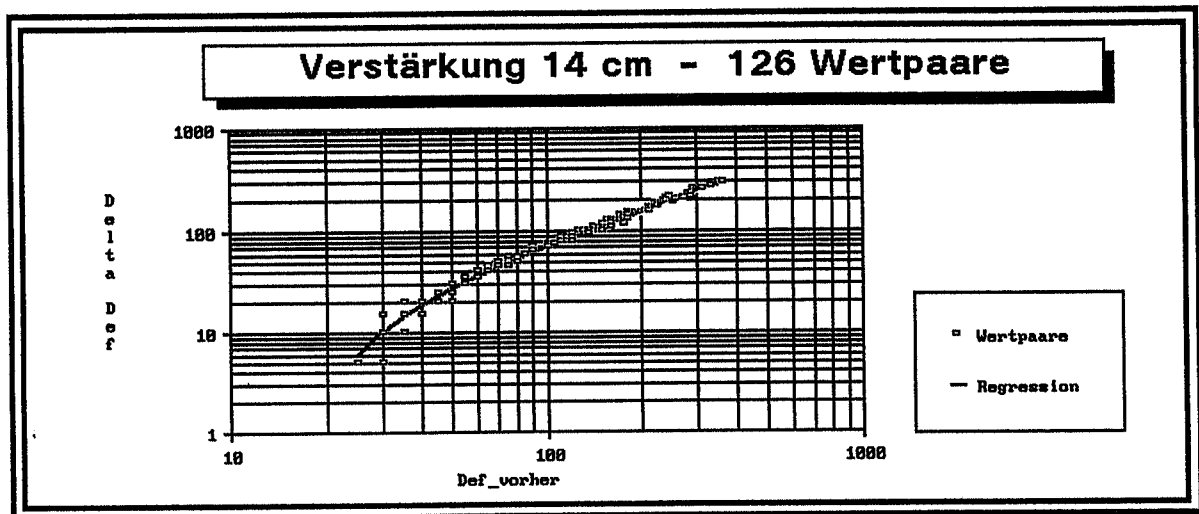
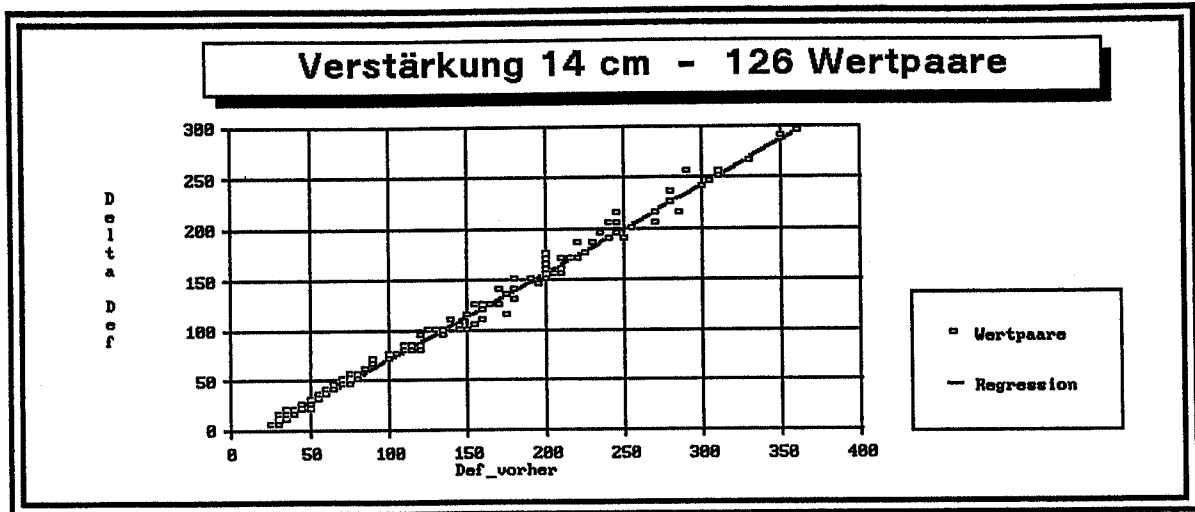


Fig. 3.4 Vergleich zwischen drei Regressionstypen

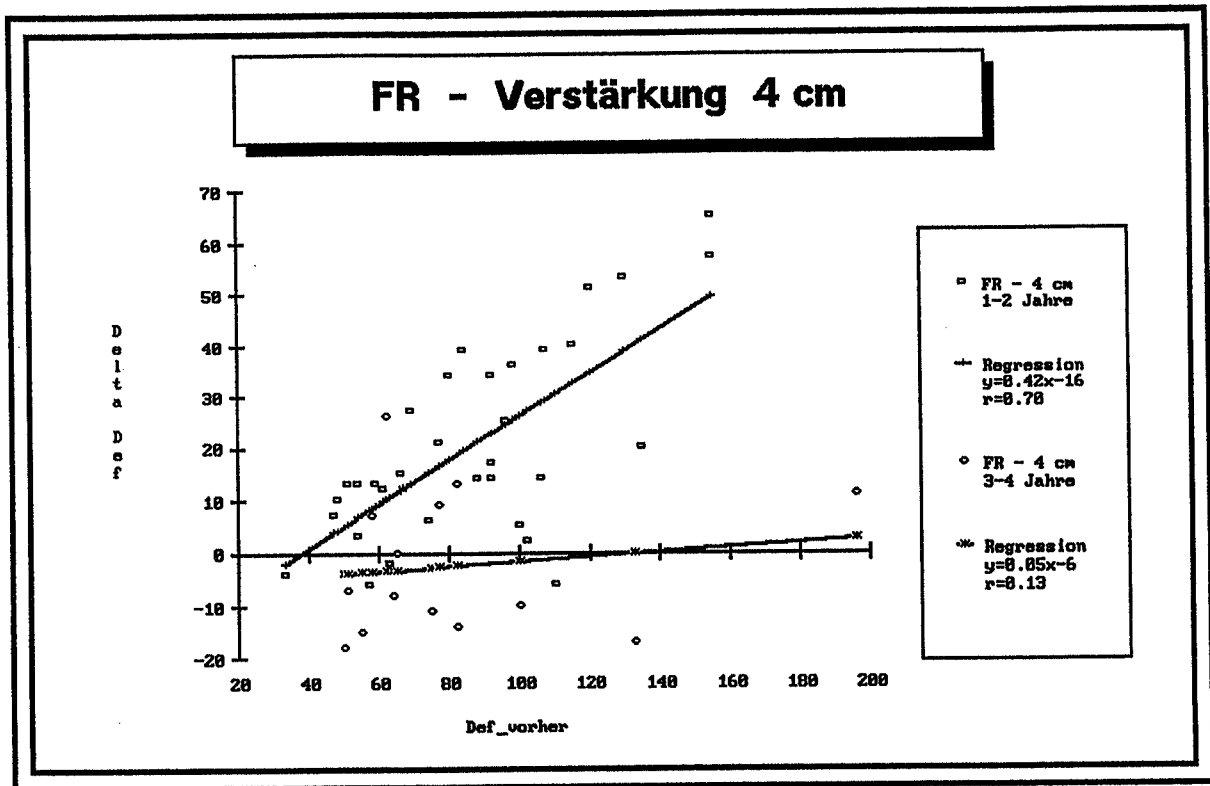


Fig. 3.5 Zeitliche Verminderung der Verstärkungswirkung für einen dünnen Belagsüberzug von 4 cm

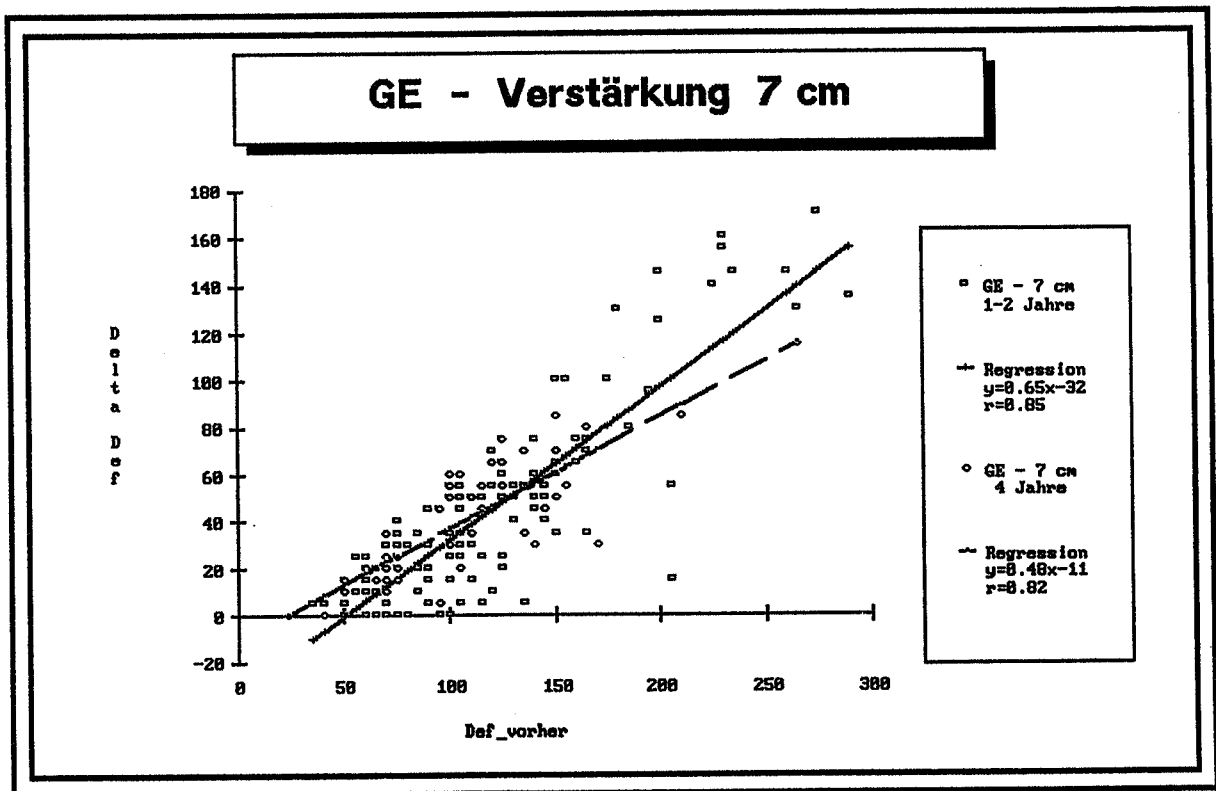


Fig. 3.6 Zeitliche Verminderung der Verstärkungswirkung bei einem 7 cm starken Belagsüberzuge

Die sehr umfangreiche Datenmenge (ca. 1625 Wertpaare für die Lacroix - Deflektionen), die für die Beurteilung der Verstärkungswirkung ausgewertet wurde, hat uns bei der Zusammenfassung der Resultate veranlasst, nur die linearen Regressionen zu berücksichtigen. Die Abbildungen 3.7 bis 3.10 enthalten für die Verstärkungsdicken 4, 8, 12 und 16 cm eine Zusammenfassung der auf verschiedenen Strecken berechneten Regressionsgeraden. Bei diesen Zusammenfassungen haben wir für die Dicken 4 und 8 cm eine Abweichung der Verstärkungsdicke von ± 1 cm zugelassen und für die Dicken 12 und 16 cm eine von ± 2 cm. Mit Ausnahme einer Regressionsgeraden (AG - 16 cm) haben wir nur die Strecken berücksichtigt, wo die Deflektionsmessungen in den zwei ersten Jahren nach der Verstärkung durchgeführt worden sind.

Die drei Regressionsgeraden für die 4 cm starken Belagsüberzüge weisen eine sehr grosse Streuung sowie mittelmässige Regressionskoeffizienten auf. Der y-Achsenabschnitt "B" ist bei allen drei Regressionsgeraden fast identisch. Die Steigungen der Regressionsgeraden sind hingegen sehr unterschiedlich. Diese Ergebnisse deuten auf die Wirkung von anderen Einflussparametern sowie auf die schwache strukturelle Verstärkungswirkung der dünnen Belagsüberzüge hin.

Die vorhandenen Regressionsgeraden für die 8, 12 und 16 cm starken Verstärkungen zeigen trotz den meistens guten Regressionskoeffizienten auch gewisse Schwankungen. Diese Variationen der Steigungen und der y-Achsenabschnitte "B" für eine bestimmte Verstärkungsdicke sind aber im Rahmen dieser globalen Auswertung (einziger berücksichtigten Parameter = Verstärkungsdicke) nicht absonderlich. Diese Schwankungen sind sehr wahrscheinlich durch den Einfluss von weiteren variablen Parametern zu erklären.

Für das weitere Vorgehen ist es nötig eine einzige Regressionsgerade pro Verstärkungsdicke zu finden. Wir haben diese mittleren Regressionsgeraden durch die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte der Steigungen "A" und der y-Achsenabschnitte "B" bestimmt. Die aus den Abbildungen 3.7 bis 3.10 berechneten mittleren Regressionsgeraden sind die folgenden:

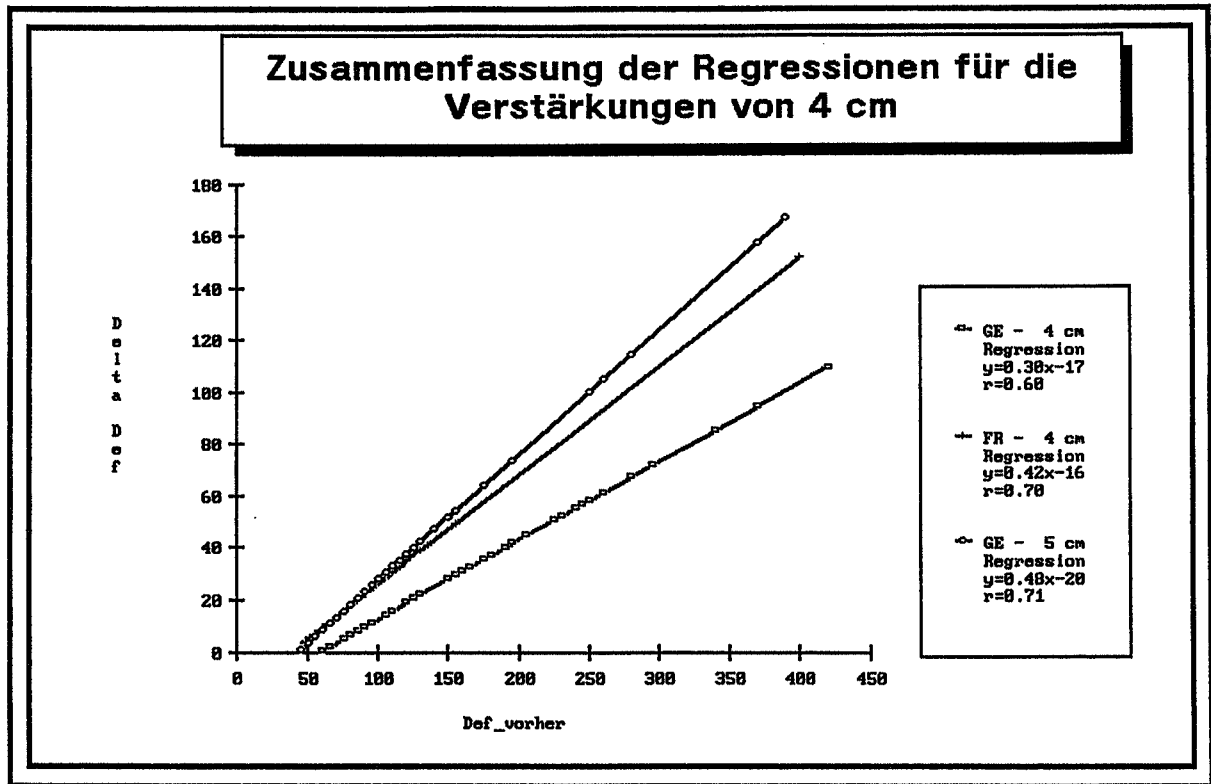


Fig. 3.7 Regressionsgeraden der 4 cm dicken Verstärkungen

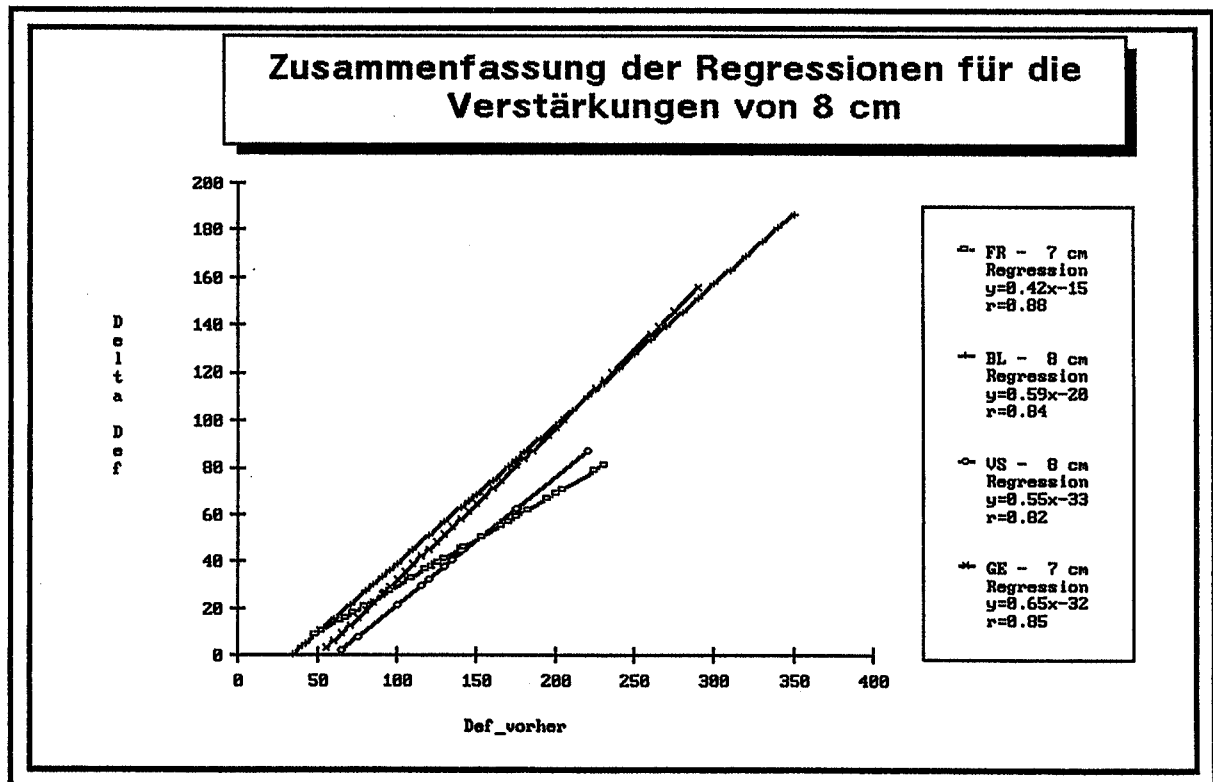


Fig. 3.8 Regressionsgeraden der 8 cm dicken Verstärkungen

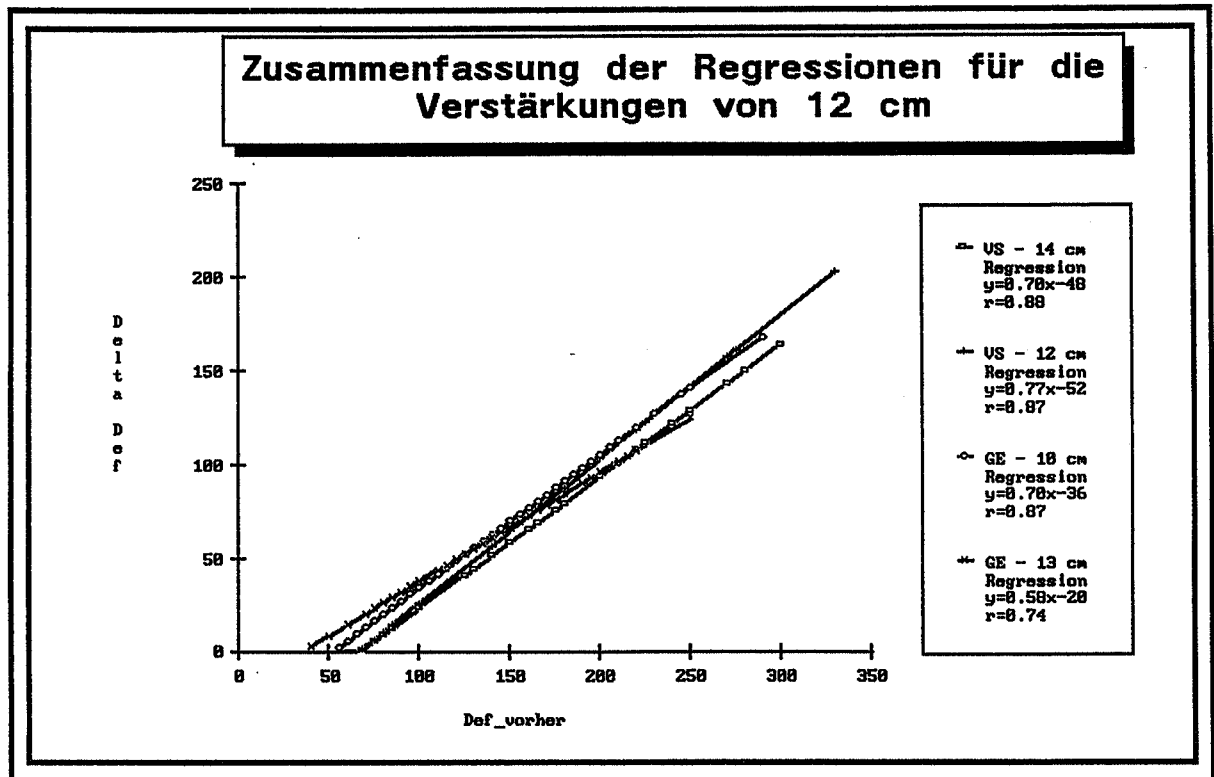


Fig. 3.9 Regressionsgeraden der 12 cm dicken Verstärkungen

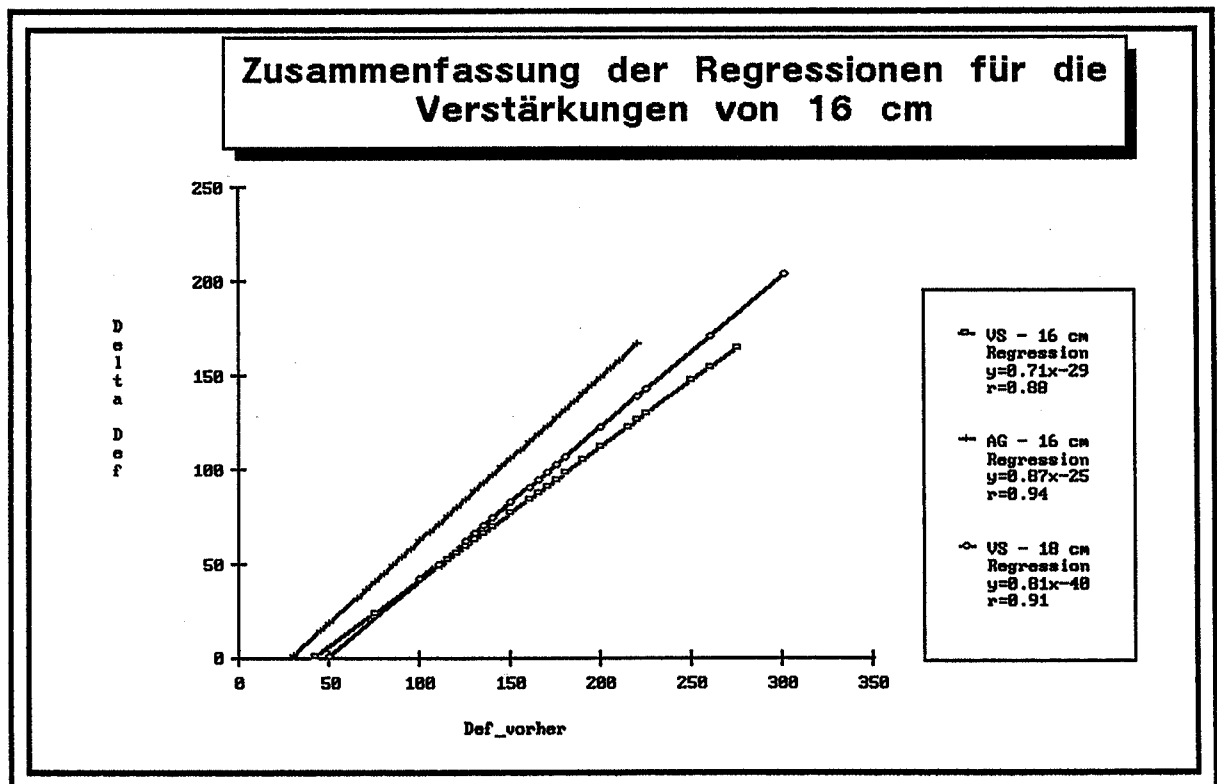


Fig. 3.10 Regressionsgeraden der 16 cm dicken Verstärkungen

- 4 cm : $\Delta d = d_0 - d_4 = 0.40 \cdot d_0 - 17$
- 8 cm : $\Delta d = d_0 - d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 25$
- 12 cm : $\Delta d = d_0 - d_{12} = 0.69 \cdot d_0 - 40$
- 16 cm : $\Delta d = d_0 - d_{16} = 0.80 \cdot d_0 - 31$

Der Vergleich zwischen sämtlichen ermittelten Regressionsgeraden der Form " $\Delta d = A \cdot d_0 + B$ " zeigt:

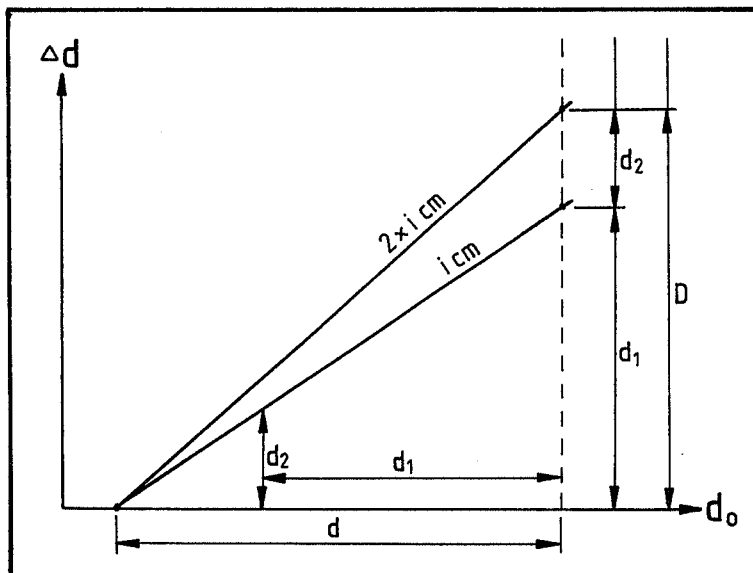
- Bei einer definierten Verstärkungsdicke nimmt der Wert Δd mit zunehmender Ausgangsdeflektion d_0 zu.
- Die Steigung A der Regressionsgeraden ist bei dem gegebenen Material (Asphaltbeton) eine Funktion der Verstärkungsdicke. Das heisst, die Verstärkungswirkung steigt mit zunehmender Verstärkungsdicke.
- Der y-Achsenabschnitt B ist bei allen Regressionsgeraden negativ. Das bedeutet, dass unterhalb einer bestimmten Ausgangsdeflektion d_0 keine Verstärkungswirkung mehr (im Sinne der Tragfähigkeit) entstehen kann.

Die Feststellung, dass zwei aufeinanderfolgende Verstärkungen von i cm die gleiche Verstärkungswirkung aufweisen sollten (bei gleichen Materialeigenschaften) wie eine Verstärkung von 2·i cm, hat zur Folge, dass die entsprechenden Regressionsgeraden in einem Punkt auf der x-Achse konvergieren müssen. Der x-Achsenabschnitt der bestimmten mittleren Regressionsgeraden variiert aber zwischen 38 und 58. Nach Berechnung eines mittleren x-Achsenabschnittes von 45 für die vier Regressionsgeraden ergeben sich die folgenden Regressionsgeraden:

- 4 cm : $\Delta d = d_0 - d_4 = 0.40 \cdot d_0 - 18.0$
- 8 cm : $\Delta d = d_0 - d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 24.8$
- 12 cm : $\Delta d = d_0 - d_{12} = 0.69 \cdot d_0 - 31.1$
- 16 cm : $\Delta d = d_0 - d_{16} = 0.80 \cdot d_0 - 36.0$

Die folgenden Berechnungen basieren auf den vorher erwähnten Grundsätzen der additiven Verstärkungswirkung und sollen zur Überprüfung der auf Grund der Datenauswertung ermittelten Regressionsgeraden dienen.

Die Abbildung 3.11 zeigt die Zusammenhänge zwischen der Verstärkungswirkung von zwei aufeinanderfolgenden Verstärkungen von i cm und diejeniger einer einzigen Verstärkung von $2 \cdot i$ cm.



$$\frac{d_1}{d} = \frac{d_2}{D - d_1} \quad (1)$$

$$d_2 = D - d_1 \quad (2)$$

Fig. 3.11 Verhältnis zwischen den Regressionsgeraden eines $2 \cdot i$ cm dicken und eines i cm dicken Belages

Aus den Gleichungen (1) und (2) ergibt sich :

$$(d_1)^2 - 2 \cdot D \cdot d_1 + d \cdot D = 0 \quad (3)$$

Die Gleichung (3) hat die folgende Lösung :

$$d_1 = \frac{2 \cdot d \pm \sqrt{4 \cdot (d)^2 - 4 \cdot d \cdot D}}{2} \quad (4)$$

Die Gleichung (4) hat in unserem Fall eine einzige treffende Lösung und lässt sich wie folgt kürzen :

$$d_1 = d - \sqrt{(d)^2 - d \cdot D} \quad (5)$$

Bei einer ersten Nachrechnung der Verstärkungswirkung von verschiedenen Verstärkungsdicken (4, 8, 12, 16 und 20 cm) sind wir von der für eine Verstärkungsdicke von 16 cm ermittelten Regressionsgerade ausgegangen:

$$\Delta d_{16} = d_0 - d_{16} = 0.80 \cdot d_0 - 36.0$$

Auf Grund der Gleichung (5) und für eine Ausgangsdeflektion von 300/100 mm (zum Beispiel) haben wir den Faktor d_1 für eine Verstärkungsdicke von 8 cm gerechnet ($d_1 = 141$). Durch diesen Punkt ($d_0 = 300$, $\Delta d_8 = 141$) und den an allen Regressionsgeraden gemeinsamen Punkt ($d_0 = 45$, $\Delta d = 0$) verläuft die gesuchte Regressionsgerade für 8 cm. Sie beträgt:

$$\Delta d_8 = d_0 - d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 25$$

Die Regressionsgerade der Verstärkungswirkung einer 4 cm dicken Belagsschicht lässt sich mit dem gleichen Berechnungsverfahren von der vorher bestimmten Regressionsgerade für 8 cm ableiten.

$$\Delta d_4 = d_0 - d_4 = 0.33 \cdot d_0 - 15$$

Für die Ableitung der Verstärkungswirkung einer 12 cm dicken Verstärkung geht man von der Regressionsgerade für 8 cm aus und rechnet dazu die Tragfähigkeitsverbesserung, welche sich aus einer zusätzlichen Verstärkung von 4 cm ergibt.

$$d_0 - d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 25$$

$$d_8 - d_{12} = 0.33 \cdot d_8 - 15 = 0.15 \cdot d_0 - 7$$

$$d_0 - d_{12} = (d_0 - d_8) + (d_8 - d_{12})$$

$$\Delta d_{12} = d_0 - d_{12} = 0.70 \cdot d_0 - 32$$

Die Regressionsgerade für die Verstärkungswirkung einer 20 cm dicken Belagsschicht lässt sich ebenfalls durch additive Verstärkungswirkung einer 16 cm dicken Belagsschicht und einer 4 cm zusätzlichen Verstärkung bestimmen. Sie beträgt:

$$\Delta d_{20} = d_0 - d_{20} = 0.865 \cdot d_0 - 39$$

Für die zweite Nachrechnung dieser fünf Regressionsgeraden sind wir von der für eine Verstärkungsdicke von 8 cm ermittelten Regressionsgerade ausgegangen. Die dabei berechneten Regressionsgeraden stimmen sehr genau überein (A: ± 0.005 , B: ± 0.5) mit denjenigen der ersten Nachrechnung.

Die nachgerechneten Regressionsgeraden, die die Bedingungen der additiven Verstärkungswirkung und diejenigen der Konvergenz auf der x-Achse entsprechen, sind die folgenden:

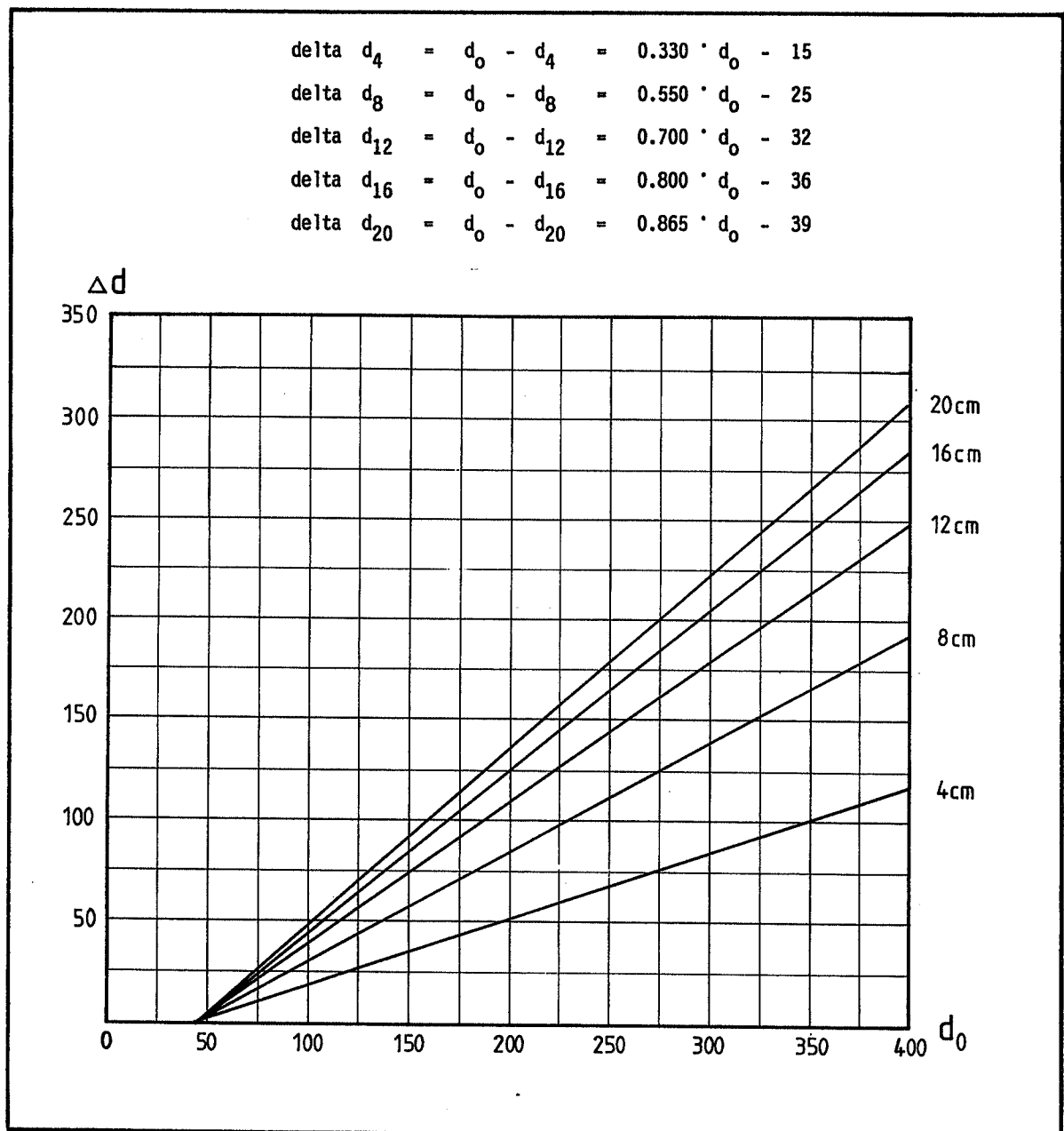


Fig. 3.12 Verstärkungswirkung "delta d" in Funktion der Verstärkungsdicke und der Deflektion der Unterlage d_0

Die derart berechneten Gleichungen stimmen relativ gut mit den auf Grund der Datenauswertung ermittelten mittleren Regressionsgeraden überein:

Regressionsgeraden auf Grund der Auswertung	Regressionsgeraden auf Grund der Nachrechnung
$\Delta d_4 = 0.40 \cdot d_0 - 17$	$\Delta d_4 = 0.33 \cdot d_0 - 15$
$\Delta d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 25$	$\Delta d_8 = 0.55 \cdot d_0 - 25$
$\Delta d_{12} = 0.69 \cdot d_0 - 40$	$\Delta d_{12} = 0.70 \cdot d_0 - 32$
$\Delta d_{16} = 0.80 \cdot d_0 - 31$	$\Delta d_{16} = 0.80 \cdot d_0 - 36$

In Anbetracht der sehr vereinfachten Betrachtung der möglichen Einflussparameter (Verstärkungsdicke allein berücksichtigt), ist es sogar erstaunlich, dass eine so gute Übereinstimmung und Kohärenz bei den Steigungen "A" für die Verstärkungsdicken zwischen 8 und 16 cm gefunden werden konnte. Die schlechtere Übereinstimmung für die Verstärkungsdicke von 4 cm war im Rahmen der starken Streuungen der auf Grund der Auswertung ermittelten Regressionsgeraden (siehe Abbildung 3.7) zu erwarten. Diese im allgemeinen guten Resultate sind wahrscheinlich auf die ausgleichende Wirkung der grossen Datenmenge zurückzuführen.

Dicke h [cm]	Deflektion der Unterlage d_0 [1/100 mm]				
	50	100	200	300	400
4 cm	1.5 = 3%	18 = 18%	51 = 26%	84 = 28%	117 = 30%
8 cm	2.5 = 5%	30 = 30%	85 = 43%	140 = 47%	195 = 49%
12 cm	3.0 = 6%	38 = 38%	108 = 54%	178 = 59%	218 = 62%
16 cm	4.0 = 8%	42 = 42%	124 = 62%	204 = 68%	284 = 71%
20 cm	4.3 = 9%	48 = 48%	134 = 67%	221 = 74%	307 = 77%

Tab. 3.13 Absolute Verstärkungswirkung Δd in 1/100 mm und in Prozent der Ausgangsdeflektion d_0

Die Tabellen 3.13 und 3.14 geben Auskunft über die "absolute" (Tab. 3.13) und die "relative" (Tab. 3.14) Verstärkungswirkung Δd_i in Prozent der Ausgangsdeflektion d_o .

Dicke h [cm]	Deflektion der Unterlage d_o [1/100 mm]				
	50	100	200	300	400
4 cm	0.75 %	4.50 %	6.38 %	7.00 %	7.34 %
8 cm	0.63 %	3.75 %	5.31 %	5.88 %	6.13 %
12 cm	0.50 %	3.17 %	4.50 %	4.92 %	5.17 %
16 cm	0.50 %	2.63 %	3.88 %	4.25 %	4.44 %
20 cm	0.43 %	2.38 %	3.35 %	3.68 %	3.85 %

Tab. 3.14 Relative Verstärkungswirkung (Δd je cm) in Prozent der Ausgangsdeflektion d_o

4. JAHRESZEITLICHER VERLAUF DER DEFLEKTIONEN

Eine Studie, die der fundierten Bestimmung von genauer saisonbedingter Korrekturfaktoren dienen soll, setzt die Sammlung einer bedeutenden Datenmenge voraus. Will man aussagekräftige Informationen über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionswerte, benötigt man eine während des ganzen Jahres häufige Wiederholung der Messungen auf den gleichen Messstrecken. Die Deflektionsmessungen finden aber üblicherweise ein mal pro Jahr und Strecke statt.

Die einzigen im Sinne dieser Studie relevanten Informationen über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionswerte sind uns vom Autobahnamt des Kantons Bern zur Verfügung gestellt worden. Die Ergebnisse der Rundlaufversuche ETHZ und der Versuche in der Halle Fosse EPFL sind ebenfalls betrachtet worden. Diese Versuche verfolgen aber primär andere Ziele (Bestimmung der Lebensdauer von Strassenoberbauten durch beschleunigte Lastwiederholungen oder Simulation von Frost-Auftau Zyklen) und somit können deren Resultate für die vorliegende Studie nur tendenziell verwendet werden.

4.1. Ergebnisse der Teststrecken auf der N1 - Grauholz

Die uns zur Verfügung gestellten Messergebnisse stammen aus den Jahren 1963 bis 1966. Die Deflektionen (Benkelman-Balken) sind auf vier Teststrecken mit verschiedenen Oberbautypen zwischen März und September (4 bis 5 mal mit variablen Zeitabständen) gemessen worden. Alle Ergebnisse sind in den Beilagen 33 bis 38 zu finden.

Die Resultate von 1963 zeigen sehr deutlich die folgenden Tendenzen (siehe Abbildung 4.1) :

- deutliche Schwankungen der Deflektionsmittelwerte während der Auftauperiode und den folgenden Wochen,
- unterschiedliche Amplitude der Deflektionsschwankungen sowie der absoluten Mittelwerte je nach Oberbautypen.

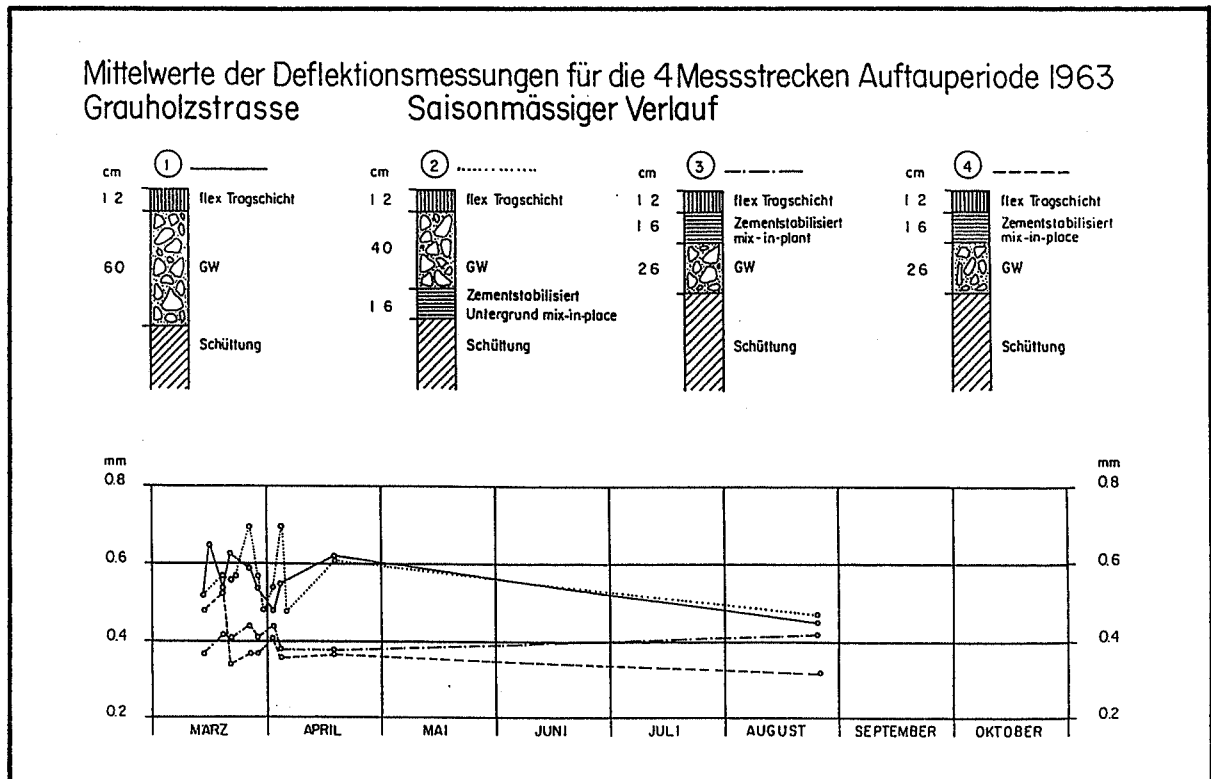


Fig. 4.1 Zeitlicher Verlauf der Deflektionsmittelwerte (1963) auf 4 Messstrecken der N1 bei Grauholz

Die Ergebnisse von 1965 weisen für alle Messstrecken ein Maximum am 7. April auf (nicht sehr deutlich für die Strecke 3) sowie einen ausgeprägten Tiefstwert Ende September (siehe die Tabelle 4.2).

Eine detaillierte Betrachtung der Einzelwerte sollte wegen anderen möglichen Einflussfaktoren (Verkehrsbelastung, lokale Schäden, usw.) mit Vorsicht gemacht werden. Sie zeigt dennoch folgendes:

- die Strecken 2 und 3 dürfen während der Auftauperiode als "knapp homogene" Strecke betrachten werden (CV = ca. 30%)
- die Streuung der Einzelwerte eines bestimmten Messpunktes ist teilweise sehr stark. Dies kommt vor allem während der Auftauperiode auf der Strecke 2 vor. Mögliche Erklärungen für diese Schwankungen auf dem Abschnitt 2 sind die Sandwichbauweise oder eine schlechte Drainage der Kiesschicht.

Strecke 1 :	22.3.85	7.4.85	1.6.85	28.9.85	max/min
- MW	41.3	49.9	39.5	27.8	1.79
- s	9.6	9.3	8.6	7.2	--
- D _v	60.6	68.5	56.8	42.3	1.62
- Einzelwert : kleinster $X_{\max}/X_{\min}$ = 1.30 - Einzelwert : grösster $X_{\max}/X_{\min}$ = 2.83					
Strecke 2 :	22.3.85	7.4.85	1.6.85	28.9.85	max/min
- MW	34.7	42.7	36.8	25.7	1.66
- s	9.7	9.0	5.9	7.5	--
- D _v	54.2	60.7	48.7	40.7	1.52
- Einzelwert : kleinster $X_{\max}/X_{\min}$ = 1.13 - Einzelwert : grösster $X_{\max}/X_{\min}$ = 6.40					
Strecke 3 :	22.3.85	7.4.85	1.6.85	28.9.85	max/min
- MW	33.4	34.1	33.5	24.2	1.41
- s	9.7	7.3	8.0	4.5	--
- D _v	52.9	48.7	49.4	33.3	1.59
- Einzelwert : kleinster $X_{\max}/X_{\min}$ = 1.29 - Einzelwert : grösster $X_{\max}/X_{\min}$ = 2.44					

Tab. 4.2 Statistik der Messergebnisse von 1965. Mittelwert, Standardabweichung und d_v in [1/100 mm] ausgedrückt

Die Resultate von 1966 zeigen hingegen ein anderes Bild. Die tiefsten Mittelwerte sind Ende März gemessen worden. Sie steigen dann bis Anfang Mai leicht an und fallen bis September wieder ab. Diese etwas untypischen Messergebnisse wären nur mit genauen Klimadaten richtig zu interpretieren. Es ist aber anzunehmen, dass die Auftauperiode (wenn sie überhaupt vorhanden war) zwischen den zur Verfügung stehenden Messungen stattgefunden hat.

Die Ergebnisse dieser vier Messstrecken haben doch einige Anhaltspunkte für die Beurteilung des jahreszeitlichen Verlaufes der Deflektionen geliefert. Die Schwankungen der Werte zwischen

März und September betragen 1.05 bis 1.79 für die Mittelwerte und 1.52 bis 1.62 für die " d_v " (nur 1965 stand zur Verfügung). Diese Werte betreffen die während der Messperiode auftretenden Schwankungen. Diese Zahlen dürfen aber nicht direkt im Sinne eines Korrekturfaktors verwendet werden.

4.2. Ergebnisse der Rundlaufversuche

Wie in der Einleitung erwähnt, dienen die Rundlaufversuche in erster Linie zur Bestimmung der Lebensdauer und zur Verhaltensanalyse von verschiedenen Oberbautypen. Die dabei regelmässig gemessenen Deflektionswerte sind vor allem von den intensiven Lastwiederholungen beeinflusst worden. Der zweite Rundlaufversuch (Langzeitverhalten von Zementstabilisierungen [3]) hat den folgenden Beobachtungen über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionswerte zugelassen:

- Die saisonbedingten Einflüsse lassen sich nur bei den dünnen stabilisierten Schichten (15-25 cm) deutlich beobachten.
- Ein glücklicher Zufall bei der Wahl eines Messdatums hat die Erfassung des Tragfähigkeitsverlustes während der Auftauperiode erlaubt. Mit Ausnahme des Versuchsfeldes mit einer 35 cm starken Stabilisierung wurde auf den anderen Feldern eine deutliche Erhöhung der Deflektionswerte beobachtet. Diese erhöhten Werte sind bei vier Versuchsfeldern (nach ca. 2 Monaten) auf das frühere Niveau zurückgegangen. Einzig die 15 cm dünne Stabilisierung hat keinen Rückgang in ihrem Tragfähigkeitsverlust gezeigt. Genauere Informationen sind in einem Artikel von "Strasse und Verkehr" [4] zu finden.
- Ausserhalb der Auftauperiode sind nur leichte Erhöhungen der Deflektionswerte im Sommer (Juli-August) festgestellt worden.

4.3. Ergebnisse der Versuche in der Halle Fosse

Die Frost-Auftauversuche in der Halle Fosse der EPFL [5] haben über den Verlauf der Deflektionswerte während der Auftauperiode folgende Ergebnisse geliefert:

- Ein Verlust der Tragfähigkeit tritt während der Auftauperiode nicht systematisch auf. Die Dicke der Foundationsschicht, der Frostindex sowie die Entwässerung des Planums sind dabei die bedeutendsten Einflussparameter.
- Das Erscheinen des Tragfähigkeitsverlustes erfolgt schlagartig nur einige Stunden nach der Auflösung der Isotherme 0°C in der Unterlage. Die Dauer des Tragfähigkeitsverlustes ist vor allem von den Ausflussmöglichkeiten des frei gewordenen Wassers (Drainage, Permeabilität der Foundationsschicht und der Unterlage, usw.) abhängig.

4.4. Zusammenfassung und Ausblick

Die im Rahmen dieses Forschungsauftrages gesammelten Daten über den jahreszeitlichen Verlauf der Deflektionswerte haben die gewünschte Bestimmung von genauen saisonbedingten Korrekturfaktoren nicht erlaubt. Die vom Autobahnamt des Kantons Bern zur Verfügung gestellten Daten haben interessante Tendenzen erkennen lassen aber die unregelmässigen Zeitabstände zwischen den Messungen haben die nötige Informationsdichte nicht erbracht.

Eine fundierte Studie über diese Problematik kann nur unter Berücksichtigung der folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

- regelmässige und intensive Messung der Deflektionen während des ganzen Jahres,
- Messungen auf verschiedenen Strecken mit unterschiedlichen Aufbauten sowie unterschiedlichen lokalen Verhältnissen,
- Berücksichtigung der meteorologischen und hydrologischen Daten sowie der Materialkenngrössen,
- Wahl von relativ neuerbauten und nicht allzu stark befahrenen Versuchsabschnitten, um die strukturellen Einflussparameter möglichst auszuschalten.

Die oben erwähnten Randbedingungen zeigen ganz deutlich, dass eine solche Studie nur im Rahmen eines spezifischen Forschungsauftrages mit intensiven Deflektionsmessungen auf ausgewählten Strassenabschnitten durchgeführt werden kann.

5. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

5.1. Korrelation zwischen Benkelman und Lacroix

Es wurde im Kreditgesuch klar formuliert, dass die Korrelation zwischen Benkelman- und Lacroix-Deflektionen auf Grund der Ergebnisse des Forschungsauftrages 5/73 erfolgen werde. Die dabei bestimmte Korrelation lautet:

- für Lacroix < 54 [1/100 mm] : $BE = 0.915 \cdot LA + 7.01$
- für Lacroix > 54 [1/100 mm] : $BE = 1.265 \cdot LA - 11.55$

Wir haben trotzdem interessant gefunden, die mit dem Benkelman-Balken und mit dem Lacroix-Deflektographen von völlig unterschiedlichen Strecken gewonnenen Ergebnisse zu vergleichen. Die Überprüfung dieser Korrelation ist auf Grund der Benkelman- und Lacroix-Resultate über die Verstärkungswirkung von 4 bis 20 cm starken Schichten (Fig. 2.8 und Fig. 3.12) ausarbeitet worden. Es wurde angenommen, dass die gesuchte Korrelation eine lineare Form des Types " $y = a \cdot x + b$ " aufweist. Gemäss den im FA 5/73 bestimmten Formeln haben wir "BE" (Benkelman-Deflektion) für y und "LA" (Lacroix-Deflektion) für x eingesetzt.

Für die Überprüfung der im FA 5/73 bestimmten Formeln haben wir die folgende Methode verwendet (siehe Abbildung 5.1) :

- a) Umrechnung der "d₀ - Benkelman" in "d₀ - Lacroix" durch die im FA 5/73 bestimmten Formeln
- b) Bestimmung der entsprechenden Benkelman- und Lacroix-Delta für 4, 8, 12, 16 und 20 cm (Verstärkungswirkung)
- c) Bestimmung der Korrelation zwischen den "delta - Benkelman" und den "delta - Lacroix" der einzelnen Verstärkungsdicken.

Wenn die in diesem Forschungsauftrag ermittelten Regressionsgeraden für Benkelman und Lacroix genau die gleichen Verstärkungswirkung aufweisen würden, sollte für die "delta - d" ebenfalls die gleiche Korrelation gefunden werden. Da die x-Achsenabschnitte 34 für Benkelman und 45 für Lacroix betragen, wird eine genaue Übereinstimmung mit der oben erwähnten Korrelation nicht möglich sein (der Benkelman-Wert sollte grösser sein als der Lacroix-Wert).

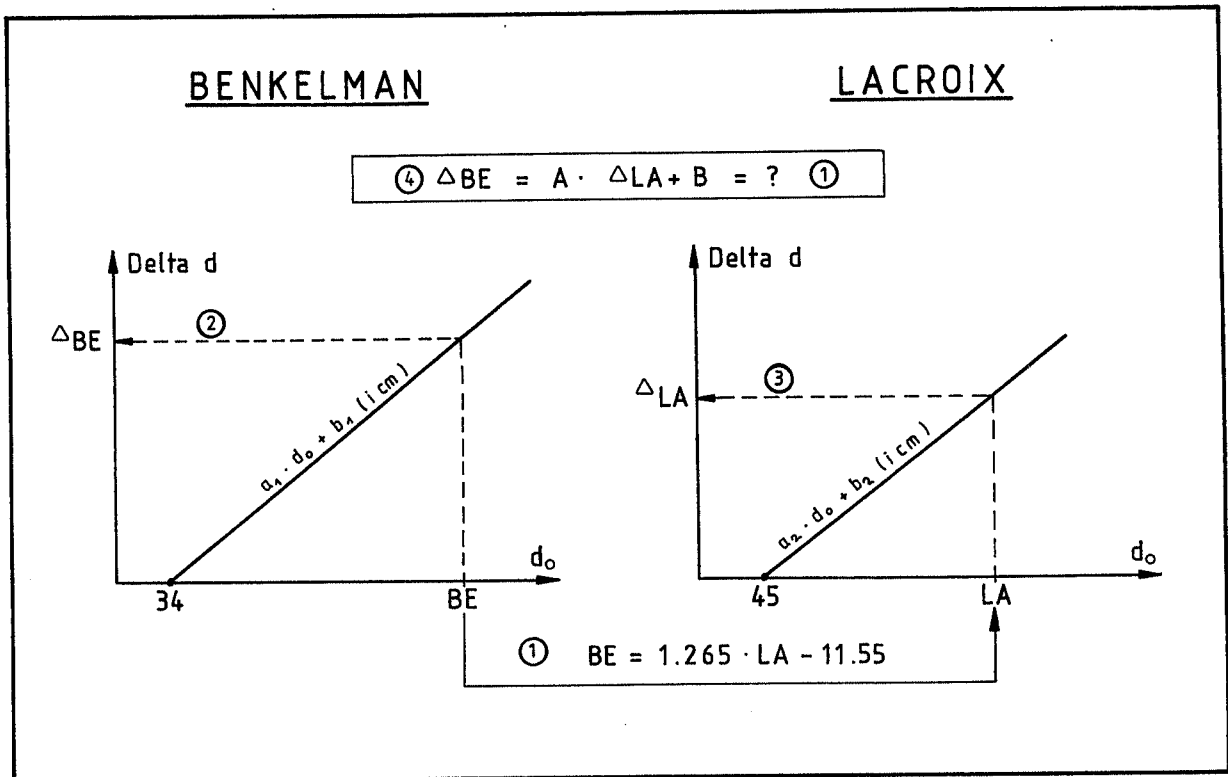


Fig. 5.1 Schematische Darstellung der für die Überprüfung der Benkelman/Lacroix-Korrelation angewendeten Methode

Die für die "delta - d" bestimmten Korrelationen lauten:

- 4 cm : $BE = 1.34 \cdot LA + 4.02$
- 8 cm : $BE = 1.31 \cdot LA + 6.03$
- 12 cm : $BE = 1.30 \cdot LA + 8.08$
- 16 cm : $BE = 1.29 \cdot LA + 8.87$
- 20 cm : $BE = 1.28 \cdot LA + 9.67$

Die oben ermittelten Korrelationen zeigen eine um ca. 10 bis 20% geringere Verstärkungswirkung für die Lacroix Ergebnisse (im Vergleich mit den Benkelman-Ergebnissen) wenn man die im FA 5/73 bestimmten Korrelationen zu Grunde legt. Diese Differenzen lassen sich folgendermassen erklären:

- die für diesen Forschungsauftrag ausgewerteten Lacroix- und Benkelman-Werte stammen nicht von den gleichen Messstrecken
- die Anzahl der berücksichtigten Strecken sowie der berücksichtigten Wertpaare sind für die Lacroix-Deflektionen bedeutend grösser als für die Benkelman-Deflektionen

- die bei der Nachrechnung der Regressionsgeraden zwangsläufige Bestimmung eines gemeinsamen x-Achsenabschnittes hat ebenfalls eine kleine Verzerrung der Resultate bewirkt.

Der Hauptgrund dieser Differenzen ist aber sicher in den nicht identischen Messstrecken zu suchen. Dies bestätigt, dass die Nichtberücksichtigung der lokalen Verhältnisse (Hydrologie, Klima, Materialeigenschaften, usw.) keine differenzierte Analyse erlaubt.

5.2. Wahl der Solldeflektion nach Verstärkung

Wir werden hier auf die bekannten theoretischen Grundsätze, die die Wahl einer Solldeflektion nach Verstärkung in Funktion der äquivalenten Verkehrslast W (Einheitsachslast von 8.16 t) vorschreiben, nicht zurückkommen. Die Methoden von Jeuffroy und Bachelez [1], Ivanov [1] und Kirk [7] sowie des "Asphalt Institute" [8] oder diejenige aus dem AASHO-Versuch [9] sind nur einige Beispiele aus der reichlich vorhandenen Literatur. Die meisten Methoden basieren auf der Bestimmung einer zulässigen Spannung an der Belagsunterkante. Das Verhalten des Belags unter den Belastungswiederholungen wird dann mit einem Ermüdungsgesetz überprüft.

Die in der Literatur vorhandenen Relationen für die Wahl einer zulässigen Benkelman-Deflektion in Funktion der gesamten Verkehrsbelastung W sind ebenfalls zahlreich und zeigen teilweise sehr unterschiedliche Werte. Die Abbildungen 5.2 und 5.3 sind einige Beispiele dazu. Man soll bei der Beurteilung dieser Kurven auch berücksichtigen, dass die zulässigen Deflektionen mit einer bestimmten Methode verknüpft sind. Die Kurve der Abbildung 5.3 (Asphalt Institute) gilt zum Beispiel für die folgendermassen berechneten d_v -Werte [8]:

$$d_v = (\bar{x} + 2 \cdot s) \cdot f \cdot c$$

- mit:
- $\bar{x}$ = Mittelwert
 - s = Standardabweichung
 - f = Korrekturfaktor für die Temperatur (soll 21 °C)
 - c = saisonbedingter Korrekturfaktor

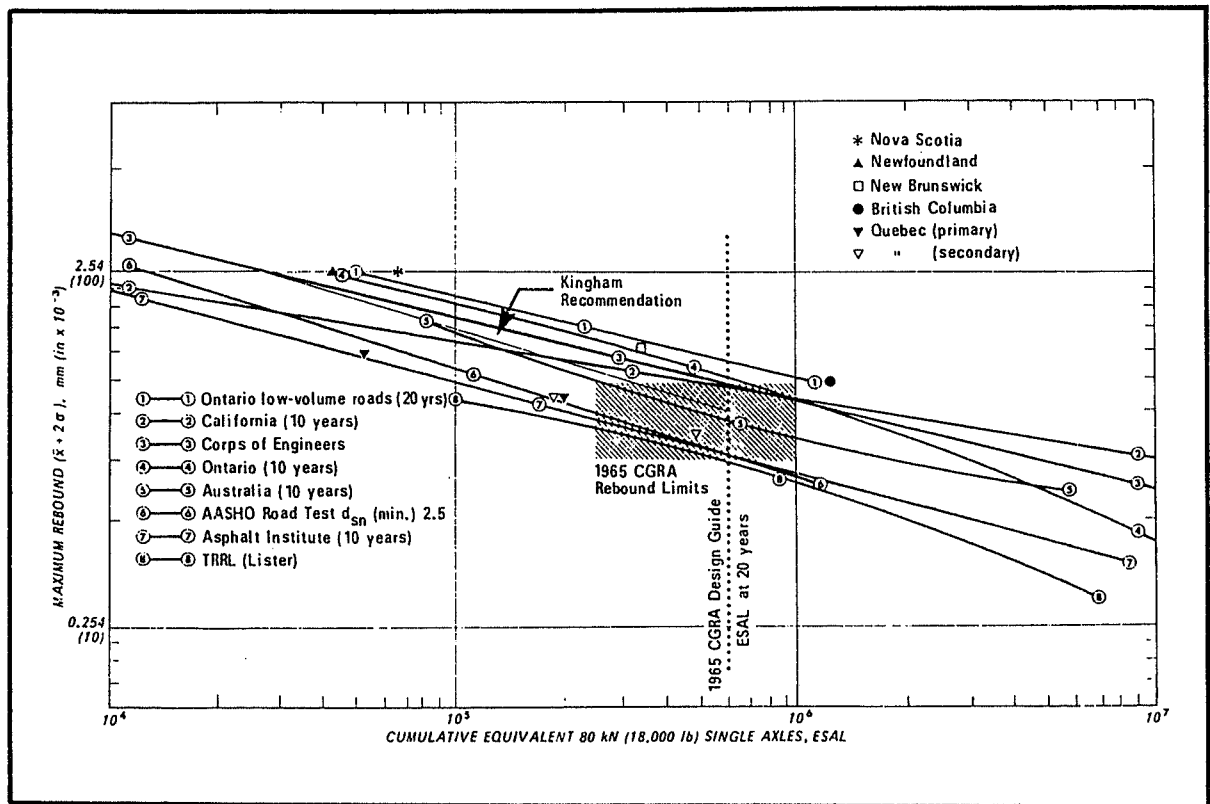


Fig. 5.2 Kurvenbeispiele für die zulässige Deflektion [7]
Achslast Nr. 1-7 = 80 kN, Achslast Nr. 8 = 62 kN

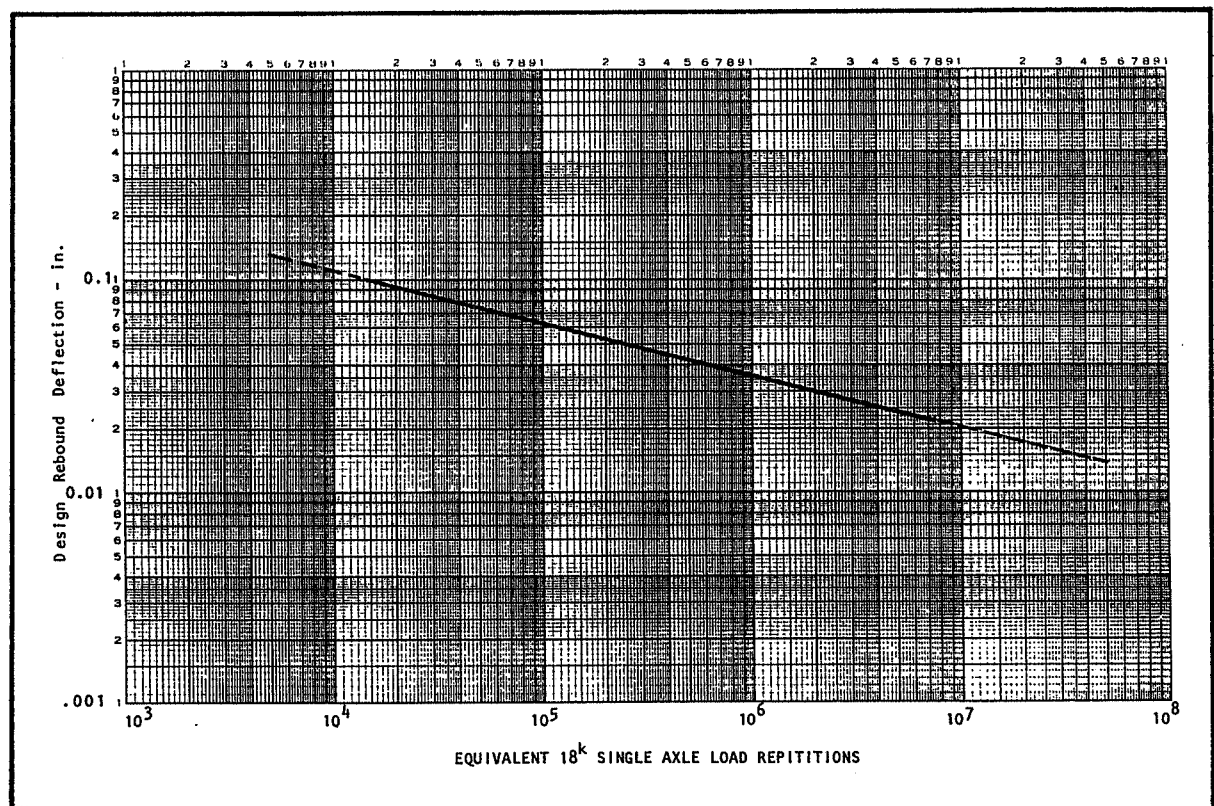


Fig. 5.3 Zulässige Deflektion gemäss "Asphalt Institute" [8]
Achslast bei den Messungen = 80 kN

Im Rahmen der Wahl einer zulässigen Benkelman-Deflektion haben wir die folgenden Quellen und Werte berücksichtigt:

1) VSS - SN 640'738

$$d_v = (\bar{x} + 2 \cdot s) \cdot c$$

$\bar{x}$: Mittelwert

s : Standardabweichung

c : saisonbedingter Korrekturfaktor

d_v gilt für Messungen mit einer 10 t - Achslast

2) Asphalt Institute [8]

$$d_v = (\bar{x} + 2 \cdot s) \cdot c \cdot f$$

$\bar{x}$: Mittelwert

s : Standardabweichung

f : Korrekturfaktor für die Temperatur (soll 21 °C)

c : saisonbedingter Korrekturfaktor

d_v gilt für Messungen mit einer 8.16 t - Achslast

3) Prof. Kuonen, E. Burlet [10]

$$d_{zul} = 1580 \cdot [2.67 \cdot (W \cdot R)^{0.1068} - 2.54]^{-1.195}$$

W : Verkehrsbelastung (Einheitsachslast von 8.16 t)

R : Regionalfaktor (zwischen 1.0 und 2.0)

d_{zul} gilt für Messungen mit einer 10 t - Achslast und schwach befahrene Strassen

4) Erfahrungswerte S.A.C.R.

d_{zul} gilt für Messungen mit dem Lacroix - Deflektographen, eine 10 t - Achslast und einen Korrekturfaktor = 1.0
Diese Werte sind mit der im FA 5/73 bestimmten Korrelation in Benkelman-Werten umgerechnet worden.

Nach Umrechnung aller zulässigen Deflektionen für die gleichen Messbedingungen (Achslast 10 t, Benkelman-Werte) ergibt sich die folgende Tabelle :

Referenzen :	$W = 10^4$	$W = 10^5$	$W = 10^6$	$W = 10^7$
VSS - SN 640'738	---	200	110	61
Asphalt Institute	325	194	105	64
Kuonen, Burlet :				
- R = 1.0	255	166	112	78
- R = 2.0	223	147	100	70
S.A.C.R. :				
- c = 1.0	232	138	80	46
- c = 1.4	325	193	112	64

Tab. 5.4 Zulässige Benkelman-Deflektionen [1/100 mm] in Funktion der Verkehrsbelastung W

Die Werte in der Tabelle 5.4 geben zu den folgenden Bemerkungen Anlass:

- Die Werte der VSS-Norm und diejenigen des "Asphalt Institute" sind sehr ähnlich und gelten beide als "Frühlingswert".
- Die Erfahrungswerte der S.A.C.R. sind mit einem Korrekturfaktor $c = 1.4$ (kann auch ca. als "Frühlingswert" betrachtet werden) ebenfalls fast identisch mit denjenigen des "Asphalt Institute".
- Die von Kuonen/Burlet gegebene Formel zeigt wenig Empfindlichkeit auf die Variationen des Regionalfaktors. Die Variationen der Werte in Funktion der Verkehrsbelastung W sind auch weniger deutlich als bei den anderen Formeln.

Die gute Übereinstimmung zwischen den Werten der VSS-Norm, des "Asphalt Institute" und der S.A.C.R. hat uns veranlasst, die

Kurve des "Asphalt Institute" als Referenz für die zulässigen Frühlingswerte zu wählen.

Wie in der Einleitung (1.2.) erwähnt, sind die ausserhalb der Frost- und Auftauperiode gemessenen Deflektionen der Dimensionierung zugrunde zu legen. Ob bei der Neufassung der Norm ein "Frühlingswert" oder ein "Herbstwert" als Referenz für die Dimensionierungsdiagramme gewählt wird, bleibt noch offen. Der dazu gehörende jahreszeitliche Korrekturfaktor muss noch durch zusätzliche Studien abgeklärt werden.

Wir haben deswegen zwei Versionen der Dimensionierungsdiagramme ausgearbeitet. Die erste Version gilt für den vorher gewählten zulässigen "Frühlingswert gemäss Asphalt Institute". Die zweite Version liegt hingegen ein zulässiger "Herbstwert" zugrunde. Da wir keine definitive Angabe über das Verhältnis zwischen Frühlingswert und Herbstwert haben, soll der gewählte zulässige "Herbstwert" als Beispiel verstanden werden.

Die für die Dimensionierungsdiagramme gewählten zulässigen Deflektionen sind die folgenden (die Lacroix-Werte sind auf Grund der gewählten Benkelman-Werte mit den im FA 5/73 definierten Formeln gerechnet worden) :

Zulässige Deflektion [1/100 mm]		$W = 10^5$	$W = 10^7$
Frühlingswerte	Benkelman	195	64
Herbstwerte	Benkelman	152	50
Frühlingswerte	Lacroix	164	60
Herbstwerte	Lacroix	129	47

5.3. Verstärkungsdicken in Funktion der Deflektion vor der Verstärkung und der Verkehrsbelastung W

Alle nötigen Elemente für die Ausarbeitung der Verstärkungsdiagramme stehen jetzt zur Verfügung. Es sind einerseits die Verstärkungswirkung der einzelnen Verstärkungsdicken (Abbildungen 2.8 und 3.12) und andererseits die definierten zulässigen Deflektionen. Die Methode, welche der Ausarbeitung der Verstärkungsdiagramme zugrunde liegt, ist in der Abbildung 5.5 illustriert. Die Bestimmung der Verstärkungskurven erfolgt dann punktweise für jede Verstärkungsdicke.

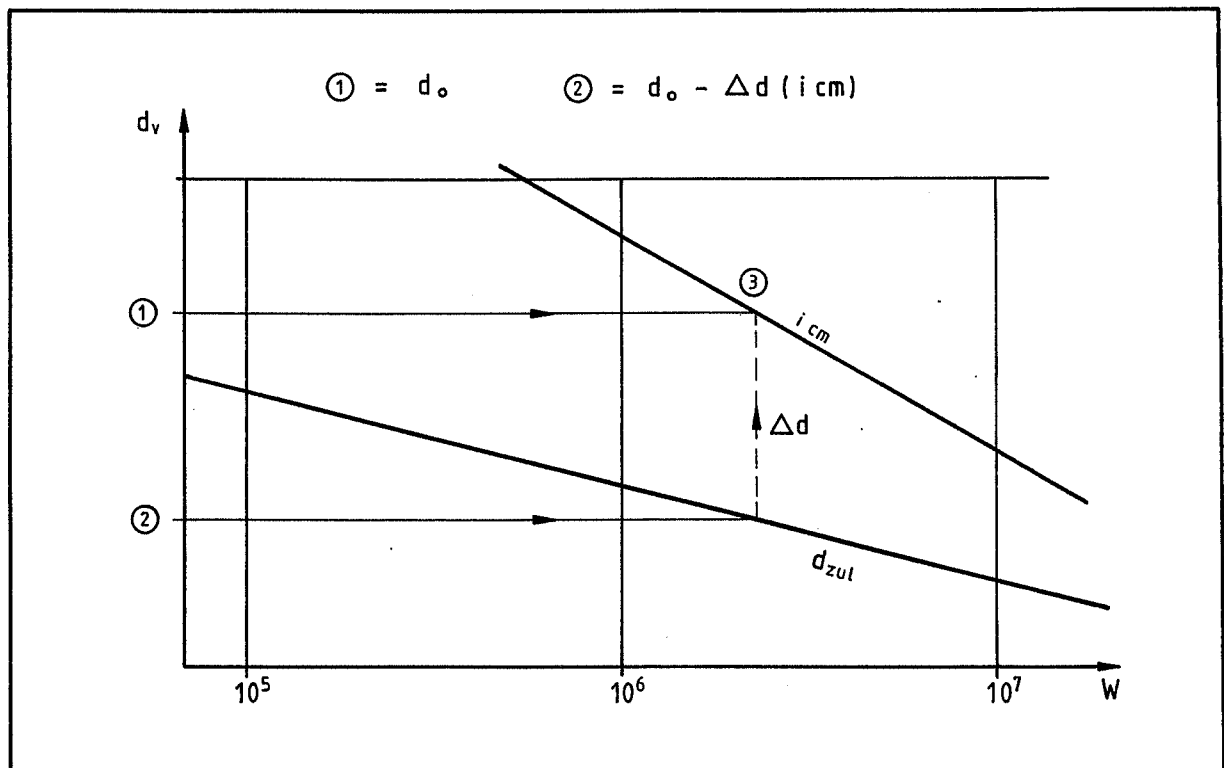


Fig 5.5 Methode für den Aufbau der Verstärkungsdiagramme

Die Verstärkungsdiagramme für die Benkelman-Werte und für die Lacroix-Werte sind in den folgenden Abbildungen dargestellt:

- Fig. 5.6 Benkelman-Balken , d_{zul} = "Frühlingswerte"
- Fig. 5.7 Deflektograph-Lacroix , d_{zul} = "Frühlingswerte"
- Fig. 5.8 Benkelman-Balken , d_{zul} = "Herbstwerte"
- Fig. 5.9 Deflektograph-Lacroix , d_{zul} = "Herbstwerte".

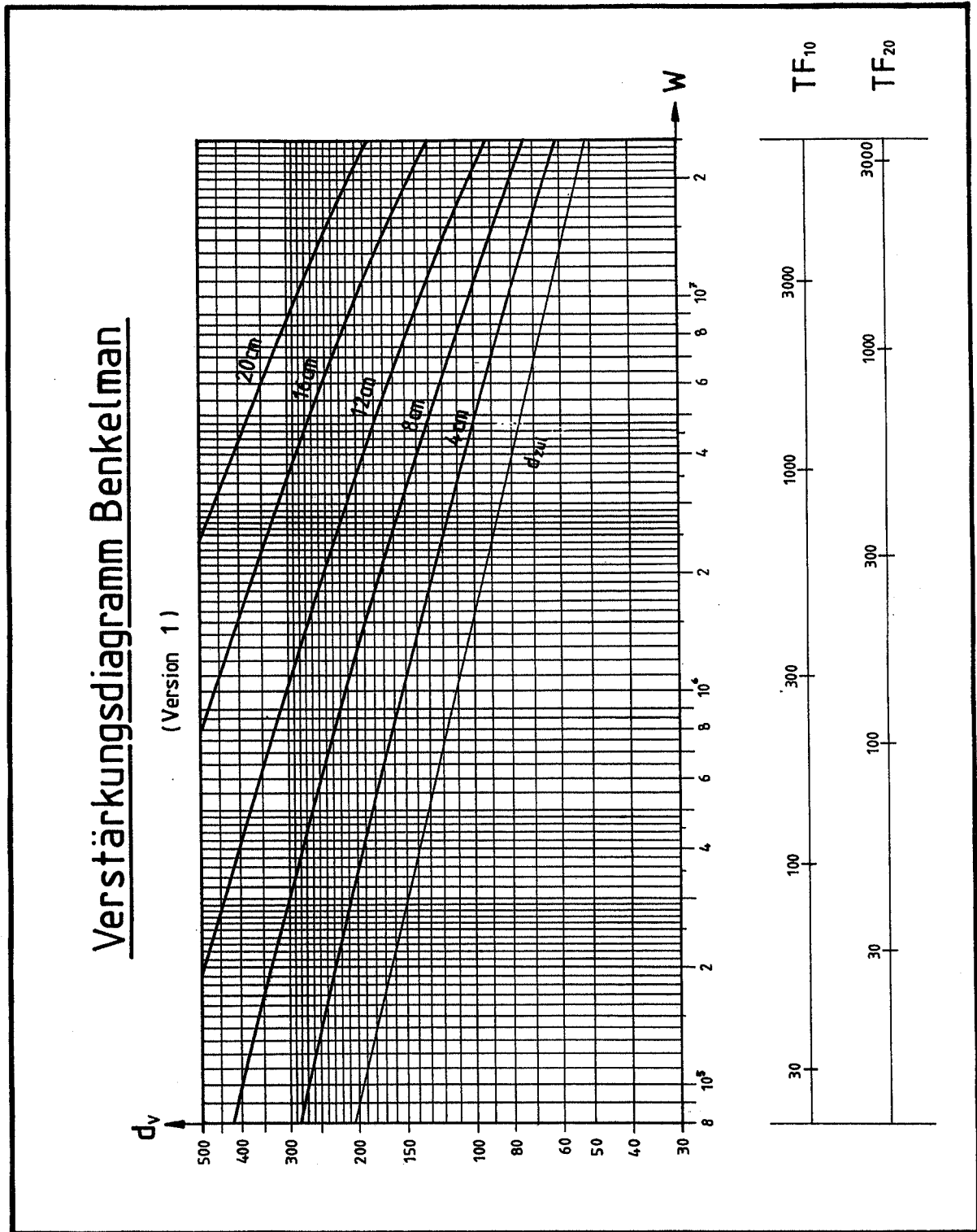


Fig 5.6 Verstärkungsdiagramm für die Deflektionsmessungen mit dem Benkelman-Balken. Die gewählte zulässige Deflektion ist ein "Frühlingswert".

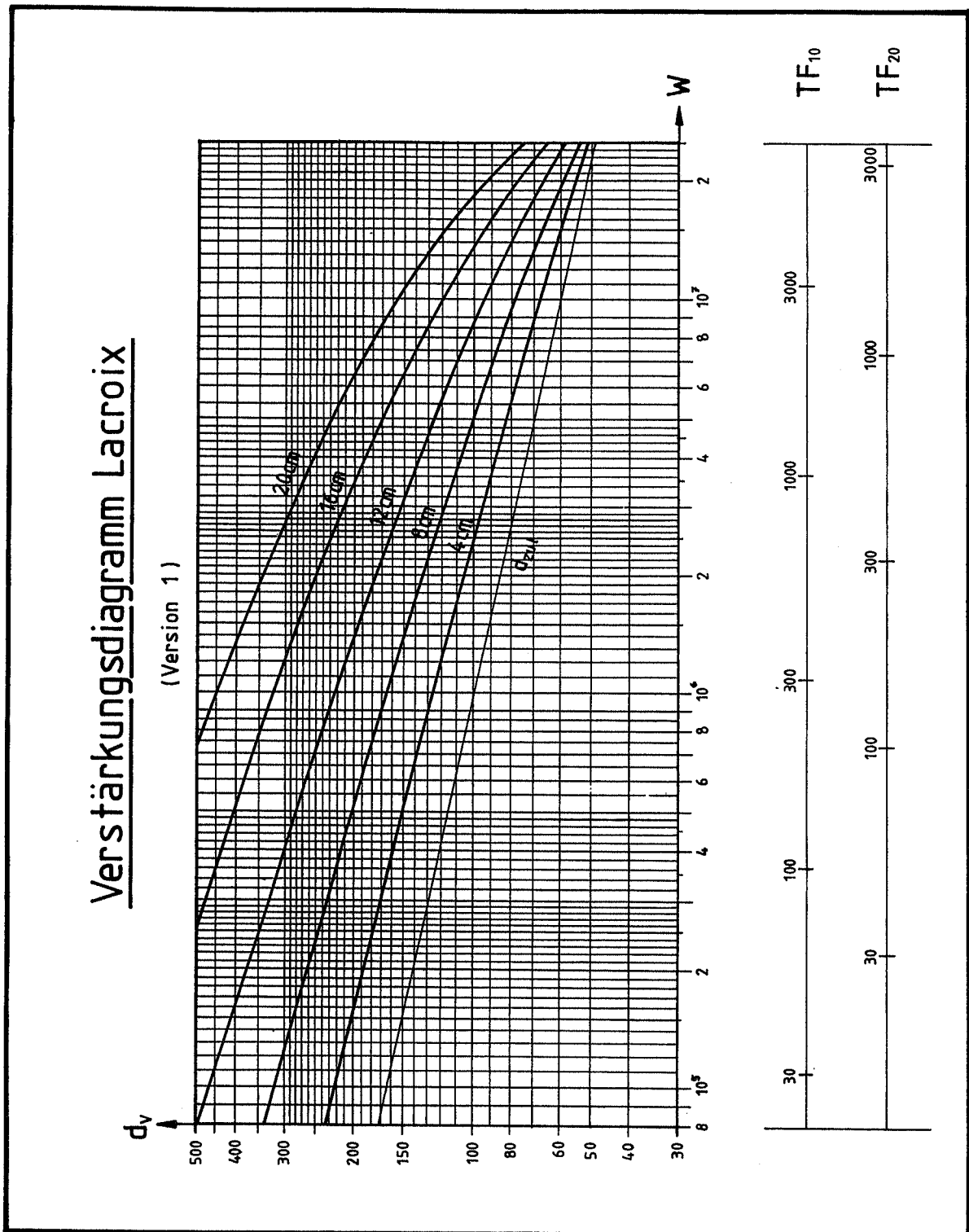


Fig 5.7 Verstärkungsdiagramm für die Deflektionsmessungen mit dem Lacroix-Deflektographen. Die gewählte zulässige Deflektion ist ein "Frühlingswert".

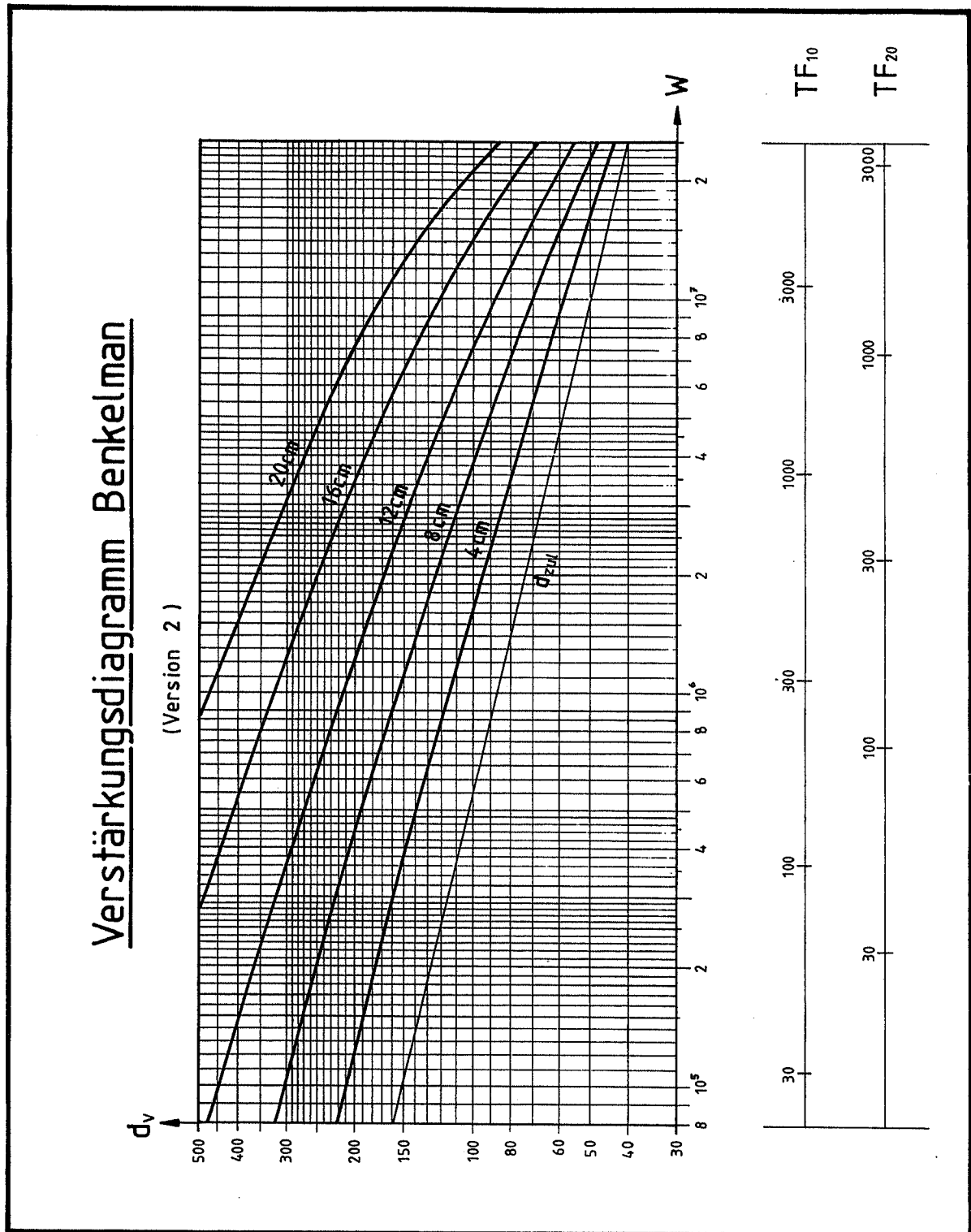


Fig 5.8 Verstärkungsdiagramm für die Deflektionsmessungen mit dem Benkelman-Balken. Die gewählte zulässige Deflektion ist ein "Herbstwert-Beispiel".

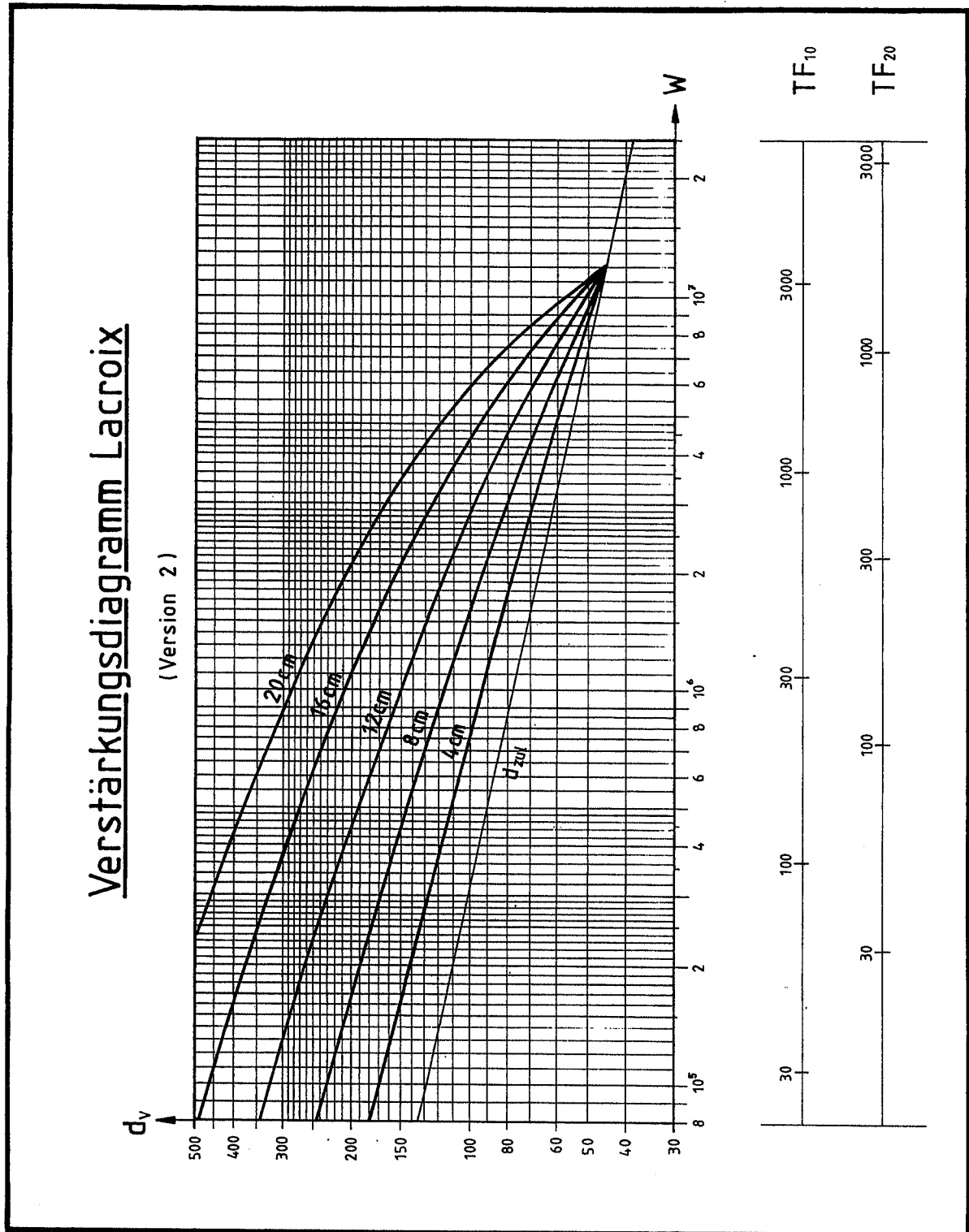


Fig 5.9 Verstärkungsdiagramm für die Deflektionsmessungen mit dem Lacroix-Deflektographen. Die gewählte zulässige Deflektion ist ein "Herbstwert-Beispiel".

Die Form der vier Verstärkungsdiagramme wird von den folgenden beiden Elementen am meistens beeinflusst:

- die Wahl der zulässigen Deflektion, und
- der Wert des gemeinsamen x-Achsenabschnittes aus den Diagrammen der Verstärkungswirkung der einzelnen Schichtdicken.

Kleine Variationen der oben erwähnten Werte üben grosse Auswirkungen auf die Position der Verstärkungslinien im Diagramm aus. Diese Werte sind aber diejenigen, die die grössten Schwankungen aufweisen können. Dies zeigt erneut, dass eine genauere Betrachtung aller Einflussparameter in einer weiteren Phase zu erfolgen hat.

Die ausgearbeiteten Verstärkungsdiagramme geben zu den folgenden Bemerkungen Anlass:

- Die erste Version des Benkelman-Verstärkungsdiagrammes (Abb. 5.6) zeigt grosse Ähnlichkeiten mit dem aktuellen Diagramm der Norm VSS SN 640'738 (beide basieren auf einer zulässigen "Frühlingsdeflektion"). Die damit bestimmten Verstärkungsdicken sind ca. 10 bis 20% kleiner als diejenigen der jetzigen Norm.
- Die zweite Version des Lacroix-Verstärkungsdiagrammes (Abb. 5.9 mit zulässiger "Herbstdeflektion") zeigt am deutlichsten die mögliche Auswirkung der unter 2.3 und 3.3 gewonnenen Erkenntnisse, welche bei einer bestimmten Ausgangsdeflektion d_0 keine Tragfähigkeitsverbesserung voraussagen. Die Folge davon ist, dass ab einer bestimmten Verkehrsbelastung jegliche Verstärkungsdicke wirkungslos bleibt. Der hier gefundene W-Wert muss wegen der geschätzten zulässigen "Herbstdeflektion" als nicht relevant bezeichnet werden.

Die ausgewerteten Deflektionen stammen grösstenteils von Messungen zwischen den Monaten April und Juni. Die beiden Verstärkungsdiagramme, welchen eine zulässige "Frühlingsdeflektion" zugrunde liegt, sollen deswegen als r presentativer bewertet werden als die beiden anderen, welche auf einer "Herbstdeflektion" basieren. Die letzteren sollen vor allem zeigen, welche Auswirkungen die Wahl der zulässigen Deflektion hat.

5.4. Betrachtung von weiteren Einflussfaktoren

Auftragsgemäss haben sich die Forschungsarbeiten auf die Beurteilung des Zusammenhanges zwischen den Deflektionswerten vor und nach erfolgter Verstärkung in Funktion der Verstärkungsdicke beschränkt. Die Auswertung der gesammelten Daten hat aber deutlich gezeigt, dass die damit erzielte Tragfähigkeitsverbesserung nicht nur von der Verstärkungsdicke abhängt.

Die zahlreichen Strassensondierungen, die uns aus den Archiven der S.A.C.R. zur Verfügung standen, haben uns gestattet, unter den möglichen Einflussparametern (Klima, Hydrologie, Entwässerung, Verkehr, Materialeigenschaften, usw.) den Stärkenindex SN zu betrachten. Aus den dafür zur Verfügung stehenden 35 Strecken (Verstärkungsdicke = 7 cm) haben wir versucht, einerseits die durch die Verstärkung erbrachte Reduktion der Deflektion mit dem Stärkenindex vor der Verstärkung zu korrelieren, und andererseits die durch die Verstärkung erbrachte Reduktion der Deflektion mit dem "Delta-SN" (Erhöhung des Stärkenindex durch die Verstärkung) zu korrelieren.

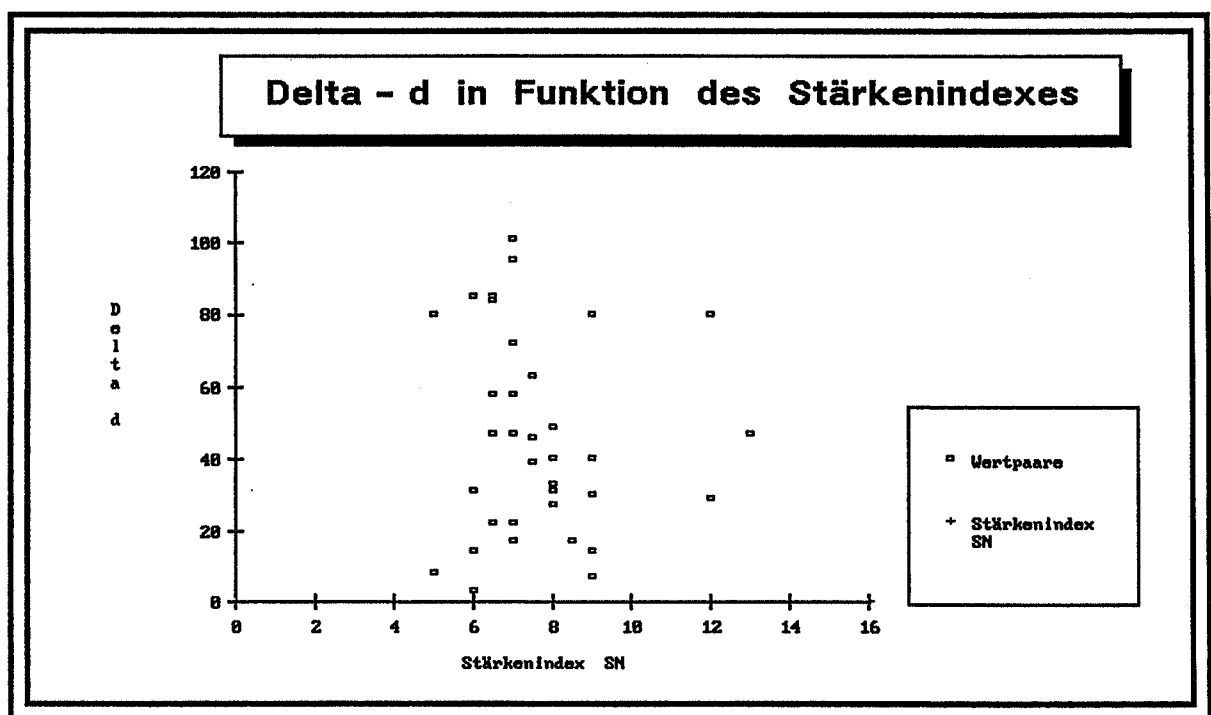


Fig. 5.10 Reduktion der Deflektion in Funktion des Stärkenindexes SN vor der Verstärkung (7 cm)

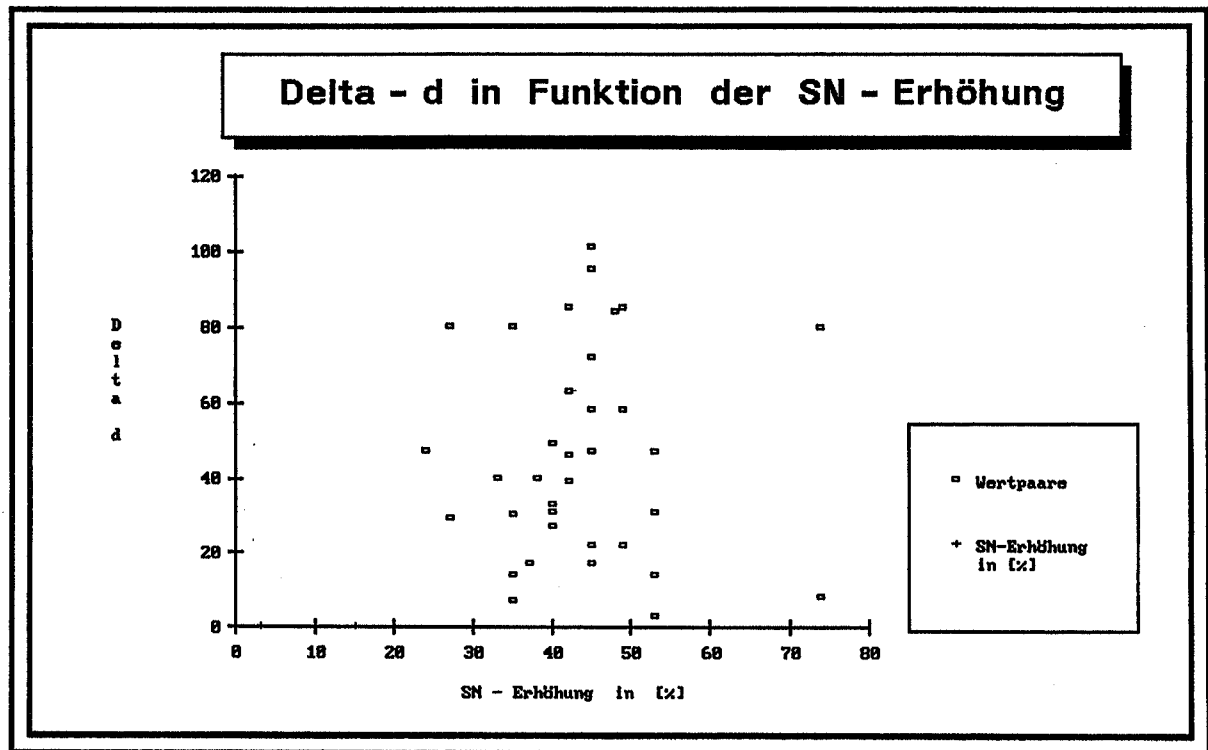


Fig. 5.11 Reduktion der Deflektion in Funktion der Erhöhung des Stärkenindexes durch die Verstärkung (7 cm)

Wie es aus den Abbildungen 5.10 und 5.11 ersichtlich ist, ist es nicht möglich diese beiden Parameter mit der Reduktion der Deflektion zu korrelieren. Die übliche Korrelation zwischen den Deflektionen vor und nach der Verstärkung gibt hingegen gute Resultate.

Diese, auf einige Strecken begrenzte Studie, erlaubt keine definitiven Schlussfolgerungen. Man muss aber annehmen, dass die anderen Einflussparameter eine wichtigere Rolle spielen als diejenige des Stärkenindexes.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE FÜR WEITERE FORSCHUNGSTHEMEN

6.1. Umsetzbarkeit der Ergebnisse in die Praxis

Die Auswertung der Baustellendaten hat erkennen lassen, in welchen Mass ein Asphaltbetonbelag von definierter Schichtdicke bei bestimmter Deflektion der Unterlage eine Reduktion der Ausgangsdeflektion zu erbringen vermag.

Diese Erkenntnisse gestatten uns, die Verstärkungsdicke zu bestimmen, welche nötig ist, um die auf einer bestehenden Strasse vorhandene Deflektion auf die zulässige Deflektion zu reduzieren.

Die aus den Forschungsarbeiten gewonnenen Ergebnisse sind dazu benützt worden, Dimensionierungsdiagramme zu erarbeiten, mit deren Hilfe die erforderliche Gesamtdicke einer Oberbauverstärkung im Hocheinbau in Funktion von Verkehrslast und Deflektion der Unterlage bestimmt werden kann. Auftragsgemäss sind dabei als Eingangsdaten die ausserhalb der Auftauperiode gemessenen Deflektionen benützt worden, und man hat sowohl Messungen mit dem Benkelman-Balken als auch solche mit dem Lacroix-Deflektographen berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten bilden einen Teil der Grundlagen für die Revision der Norm SN 640'738, Oberbauverstärkung in bituminöser Bauweise.

6.2. Offengebliebene Probleme

Auftragsgemäss haben sich die Forschungsarbeiten auf die durch das Aufbringen bituminöser Schichten erzielte Tragfähigkeitsverbesserung beschränkt. Nicht berücksichtigt worden sind andere Parameter, die das Verhalten der verstärkten Fahrbahnen ebenfalls beeinflussen, wie zum Beispiel:

- Flankierende Massnahmen (Verbesserung der Entwässerungseinrichtungen, zusätzliche Drainagen, usw.) und deren Auswirkungen auf die Deflektionswerte und das Langzeitverhalten.

- Frostempfindlichkeit des Untergrundes bzw. des Unterbaus und der Foundationsschicht. In diesem Zusammenhang stellen sich die Fragen: - Welche Voraussetzungen gewährleisten eine ausreichende Sicherheit gegen das Auftreten von Rissen infolge differenzieller Frosthebungen ? - Genügt eine ausschließlich auf der Tragfähigkeit basierende Dimensionierung der Oberbauverstärkung ?
- Alter und Ermüdungszustand der vorhandenen Oberbauschichten (insbesondere der Beläge). Sind zur Bewertung des aktuellen Zustandes (ausser den Deflektionsmessungen) weitere Kriterien heranzuziehen ?
- Einfluss der Materialeigenschaften auf die Tragfähigkeitsverbesserung. Soll sich die Dimensionierung der Oberbauverstärkung auf ein bestimmtes Mischgut beziehen (z.B. AB) und sind die Schichtdicken von Ersatzmaterialien (HMF, HMT) mittels Äquivalenzfaktoren umzurechnen?

Als weitere offengebliebene Frage muss noch die genaue Betrachtung der jahreszeitlichen Deflektionsschwankungen erwähnt werden. Die fundierte Bestimmung von Korrekturfaktoren und die Beurteilung der dabei wichtigen Einflussparameter kann nur im Rahmen einer gezielten Studie erreicht werden.

6.3. Vorschläge für ergänzende oder neue Forschungsthemen

Wie erwähnt, sind verschiedene Probleme offen geblieben, deren Behandlung nicht Aufgabe der Forschungsarbeiten 4/85 war. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von Massnahmen zur Erhaltung bestehender Strassen, und zur Stützung der Revisionsarbeiten an der Norm SN 640'738, ist angezeigt, den heutigen Kenntnisstand durch vertiefte Forschung zu erweitern. Zur Ergänzung der vorliegenden Ergebnisse schlagen wir vor:

- Umfassende Untersuchungen von ausgewählten Teilstrecken des Forschungsauftrages 4/85 sowie gegebenenfalls von zusätzlichen Teilstrecken (Sondierungen, Schichtdicken, Materialeigenschaften, Entwässerungseinrichtungen, usw.).

- Langzeitbeobachtung dieser Teilstrecken (Verkehrsbelastung, Mikroklima, Verlauf der Deflektionswerte, visuelle Beurteilung der Schadenbildungen, Erfassung der Frosttiefe und der Frosthebungen, Einfluss der Entwässerungen, usw.). Intensive Deflektionsmessungen auf einigen Teilstrecken zur Erfassung der nötigen Daten für die Bestimmung von saisonbedingten Korrekturfaktoren.
- Einbeziehen von verstärkten Oberbauten in die Versuche der Halle fosse EPFL und der Rundlaufanlage ETHZ und Vergleich mit Neukonstruktionen hinsichtlich ihres Ermüdungsverhaltens mit dem Ziel, geeignete Methoden zur Tragfähigkeitsbewertung ermüdeter und geschädigter Oberbauschichten (Materialäquivalenzen) zu entwickeln.

Als ersten Schritt der weiteren Forschungen schlagen wir eine umfassende bibliographische Auswertung (IDS und andere Quellen) vor. Diese wird eine Auflistung und eine Bewertung der einzelnen Parameter, die einen Einfluss auf die Deflektionsschwankungen ausüben, erlauben. Nur die Parameter, die einen grossen Einfluss auf die Deflektionswerte haben, werden dann für die Beobachtung der ausgewählten Abschnitte berücksichtigt. Eine genaue Kenntnis der wichtigsten Einflussparameter wird auch bei der Wahl einer zweckmässigen Anzahl von beobachteten Aufbautypen sehr nützlich sein.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Renforcement des Chaussées, Bulletin des Laboratoires Routiers, Spécial H, Février 1967
- [2] Renforcement des Chaussées à Revêtement Hydrocarboné, Centre de Recherches Routières - Bruxelles, CR 12/80
- [3] Langzeitverhalten und Dimensionierung von Zementstabilisierungen, Versuch Nr. 2 auf der Rundlaufanlage der ETHZ - A. Jacot, I. Scazziga - ISETH - Februar 1985
- [4] Sensibilité au gel des couches stabilisées au ciment - A. Jacot, ISETH - Strasse und Verkehr 12/1981
- [5] Influence du milieu ambiant sur la force portante d'une chaussée (Rapport final, 2e partie) - Mandat de recherche 25/76 - Laboratoire de mécanique des sols de l'EPFL
- [6] Die Deflektionsmessung als Grundlage für die Dimensionierung der Oberbauverstärkung - Forschungsauftrag Nr. 5/73 - Autobahnamt des Kantons Bern, SACR, COLAS - 1984
- [7] Asphalt overlay design procedures - National cooperative highway research program, synthesis of highway practice 116 - Transportation Research Board - December 1984
- [8] Asphalt overlays for highway and street rehabilitation, The Asphalt Institute, Manual series no. 17, june 1983
- [9] AASHTO - AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972, revised - American Association of State Highway Officials - Washington D.C. - 1981
- [10] Dimensionnement et renforcement de routes à faible trafic et à superstructure souple - Edouard Burlet, EPFZ - Strasse und Verkehr 9/1981
- [11] Fahrbahnverstärkungen, Bericht einer Arbeitsgruppe der O.E.C.D., September 1976

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

- 1 - 10 Graphische Darstellung sämtlicher Baustellendaten
 für die Lacroix-Deflektionen

- 11 - 32 Tabellarische Darstellung sämtlicher Baustellendaten
 für die Lacroix-Deflektionen

- 33 N1-Grauholz : Mittelwerte der 4 Messstrecken für die
 Auftauperiode 1963

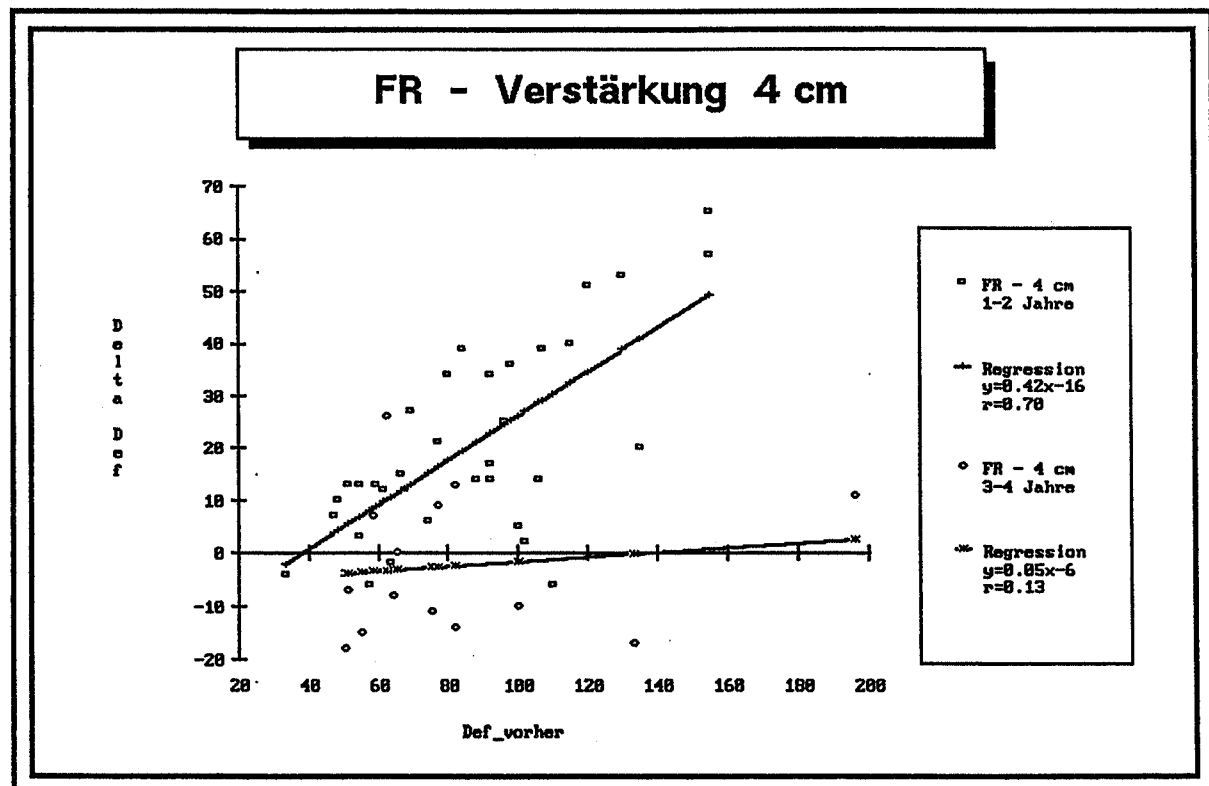
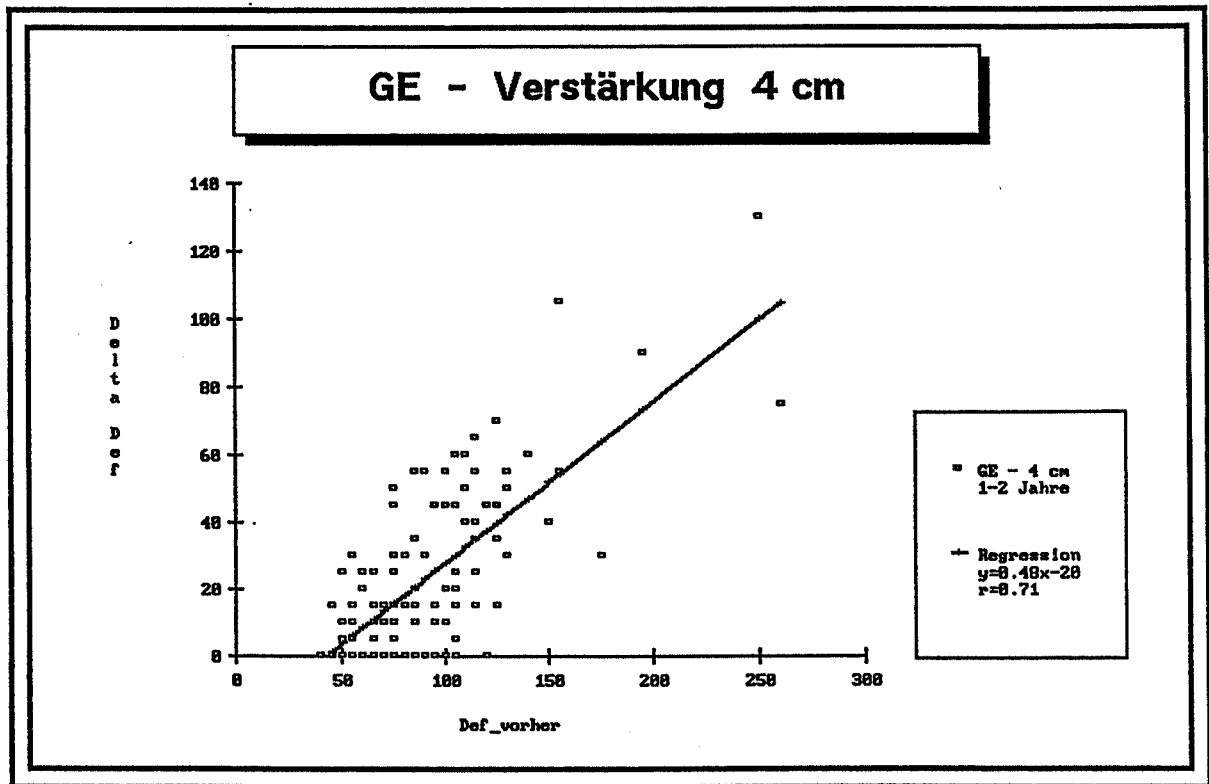
- 34 N1-Grauholz : Örtliche Änderungen der Deflektionen
 im 1965, Messstrecke Nr. 1

- 35 N1-Grauholz : Örtliche Änderungen der Deflektionen
 im 1965, Messstrecke Nr. 2

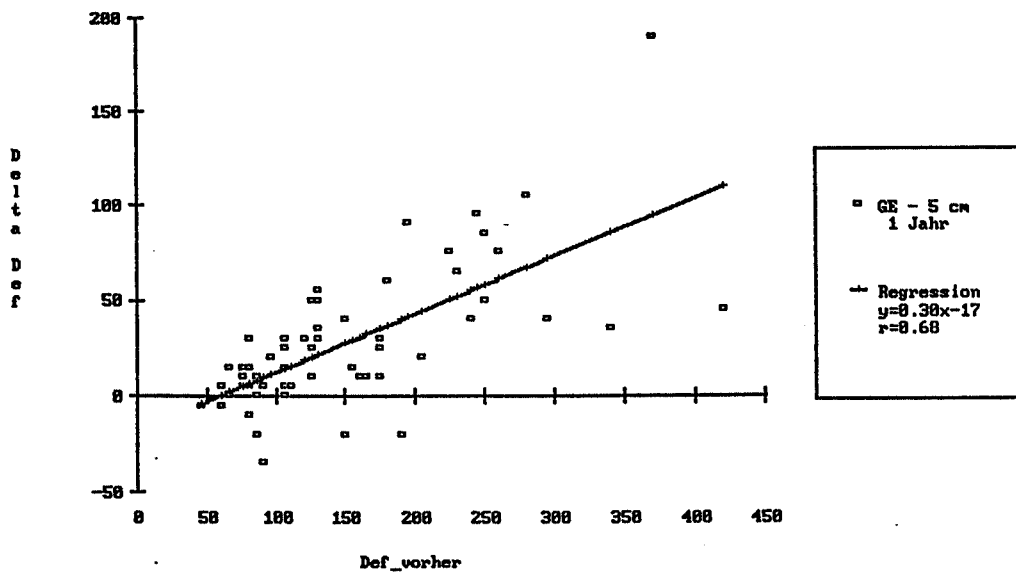
- 36 N1-Grauholz : Örtliche Änderungen der Deflektionen
 im 1965, Messstrecke Nr. 3

- 37 N1-Grauholz : Mittelwerte der 4 Messstrecken für die
 Auftauperiode 1966

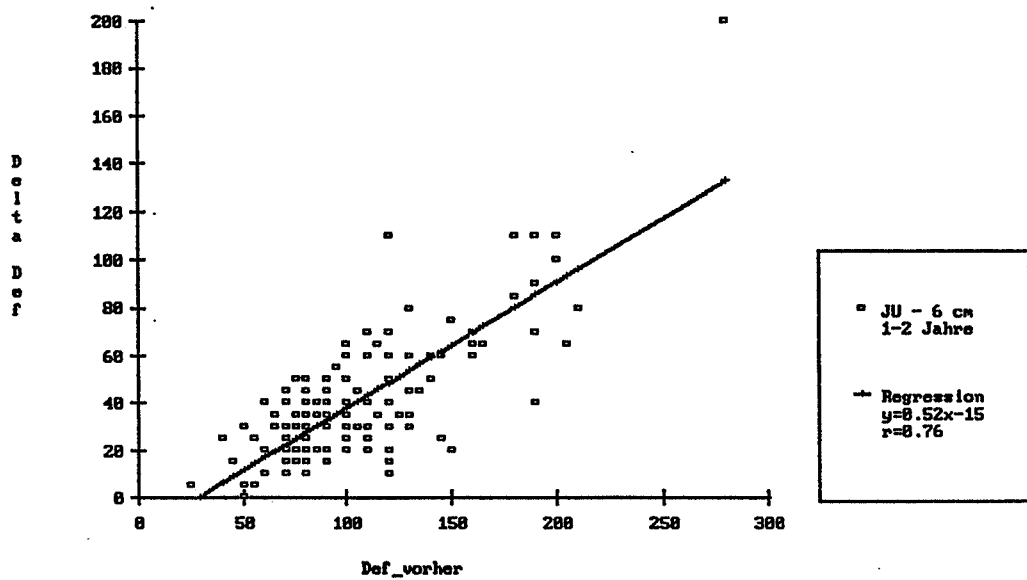
- 38 N1-Grauholz : Örtliche Änderungen der Deflektionen
 im 1966, Messstrecke Nr. 1

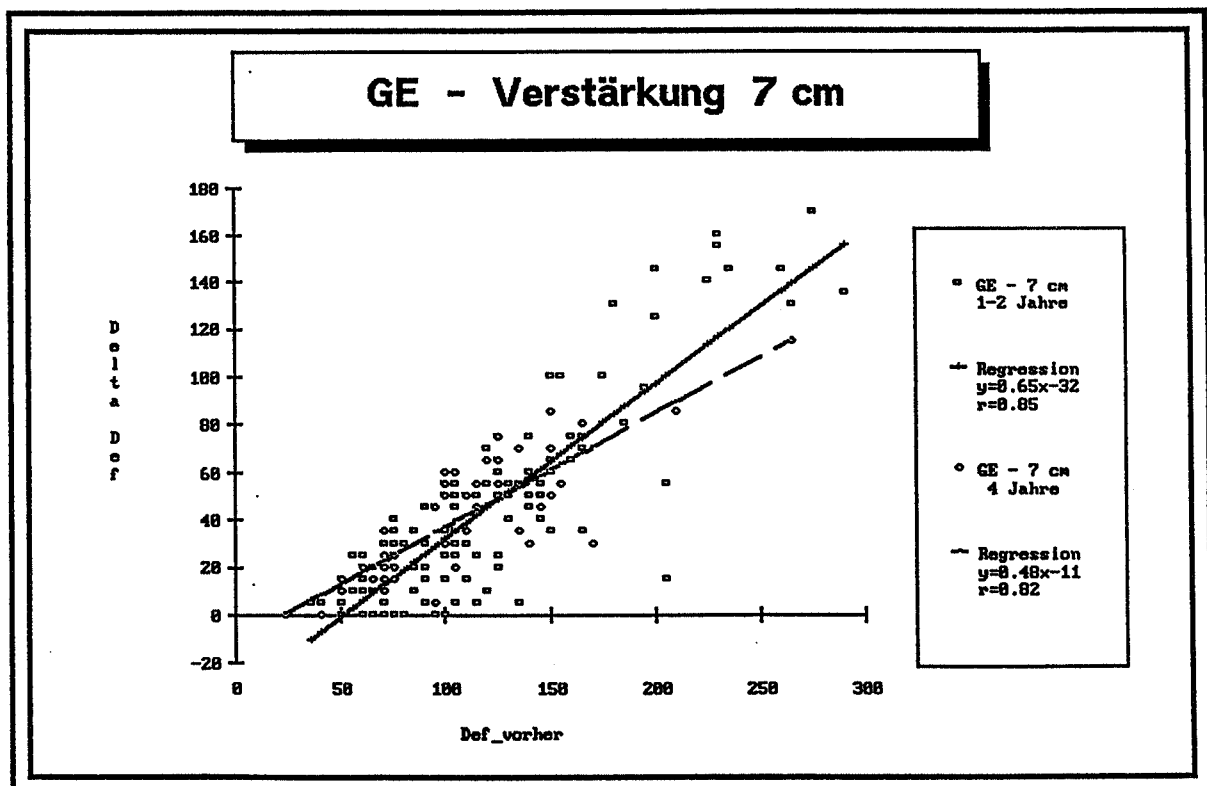
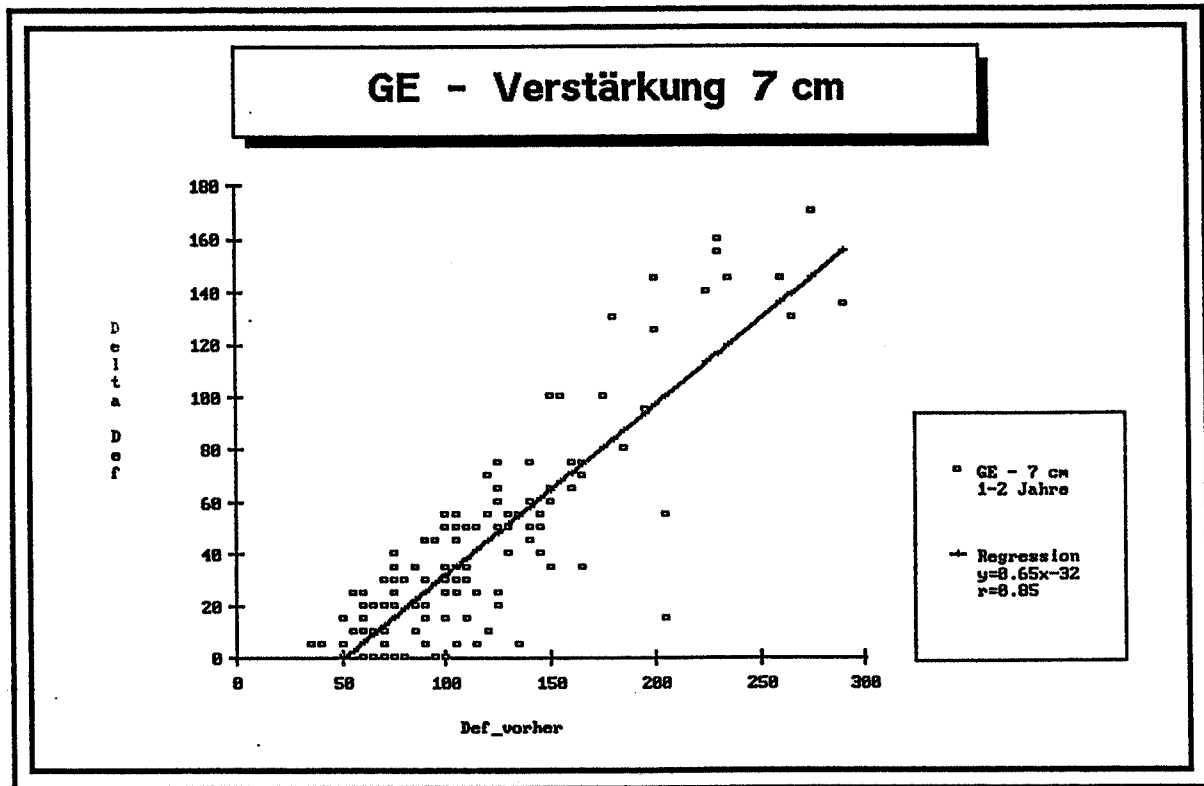


GE - Verstärkung 5 cm

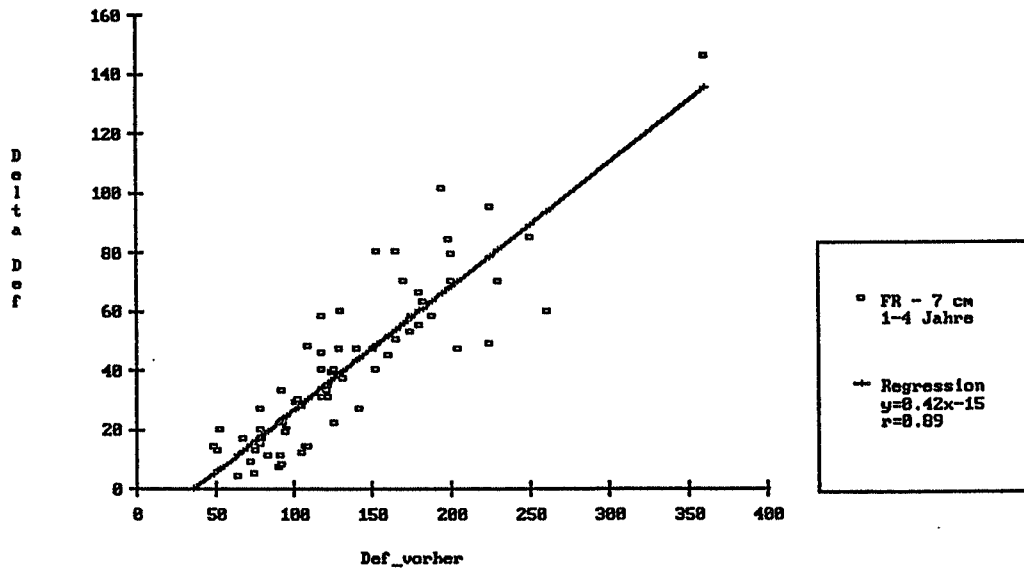


JU - Verstärkung 6 cm

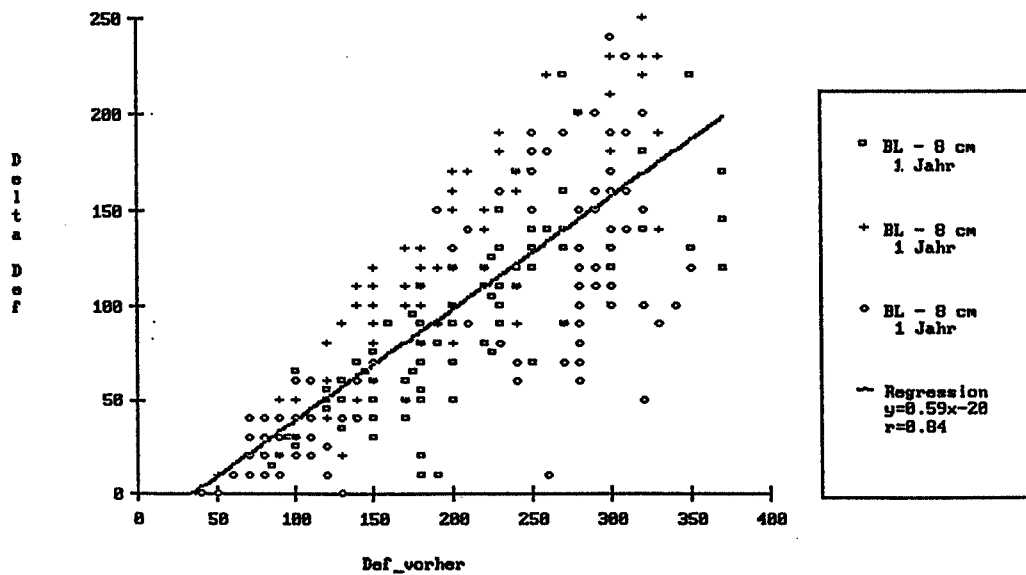




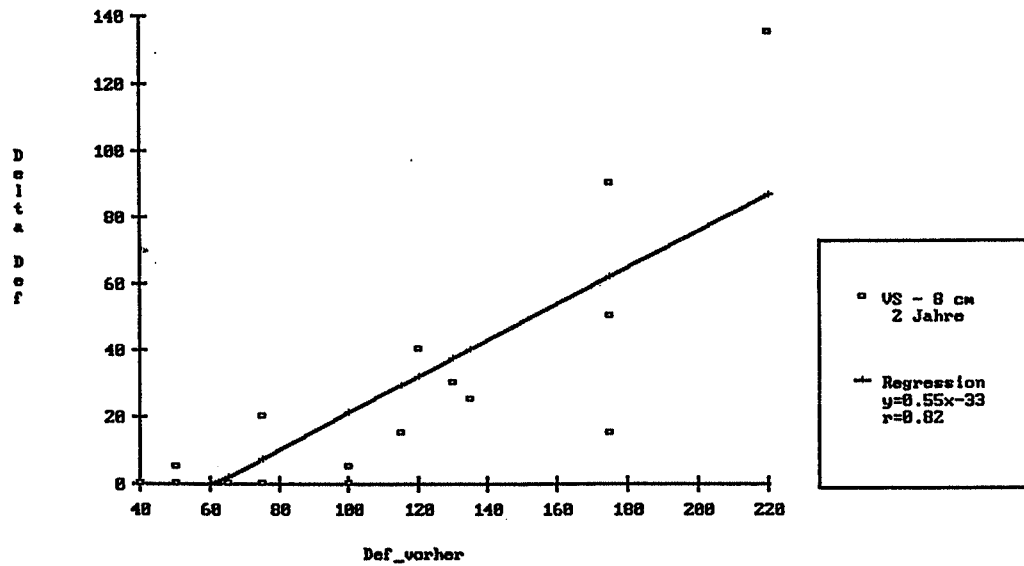
FR - Verstärkung 7 cm



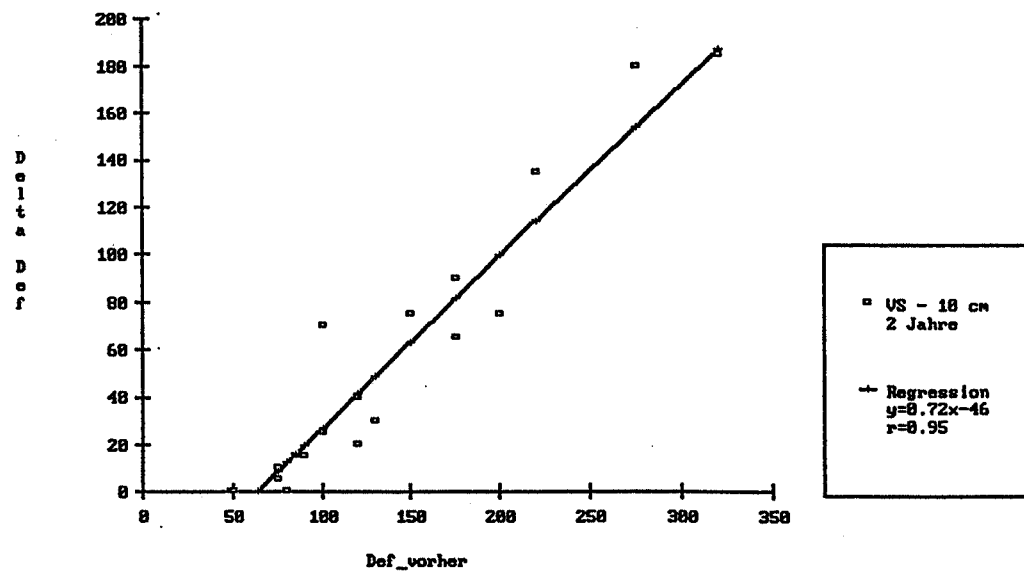
BL - Verstärkung 8 cm



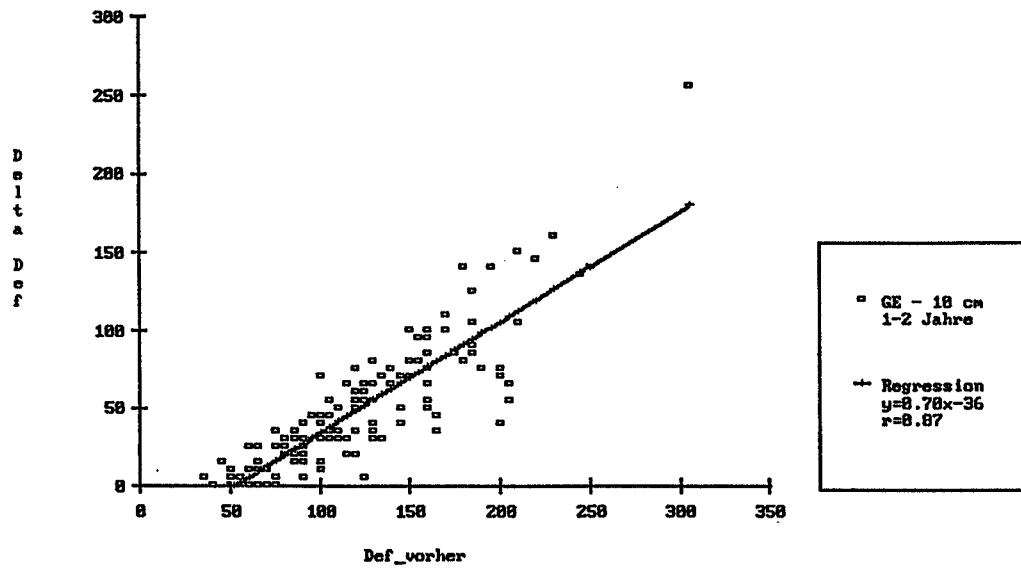
Flugplatz Sitten - 8 cm



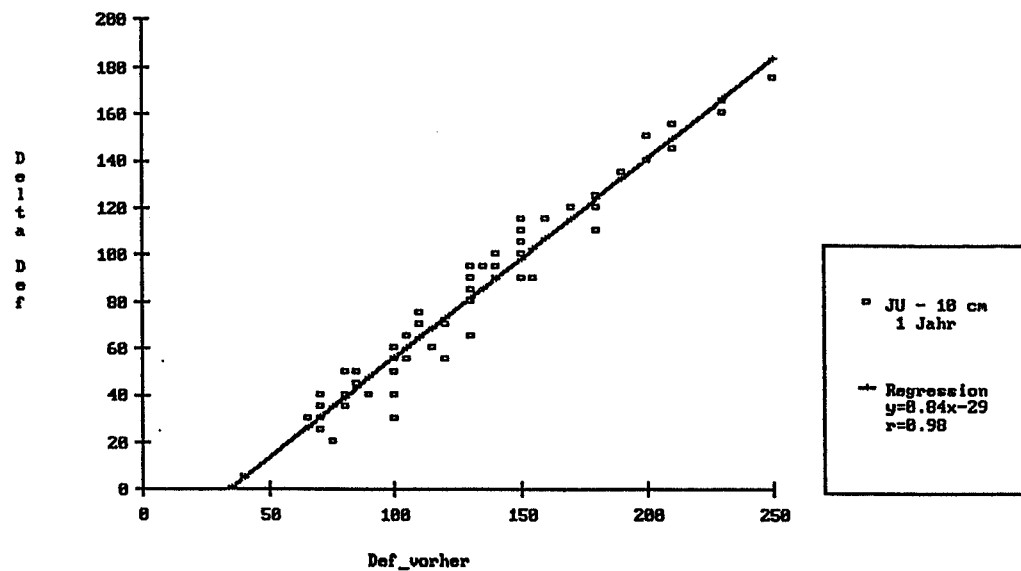
Flugplatz Sitten - 10 cm

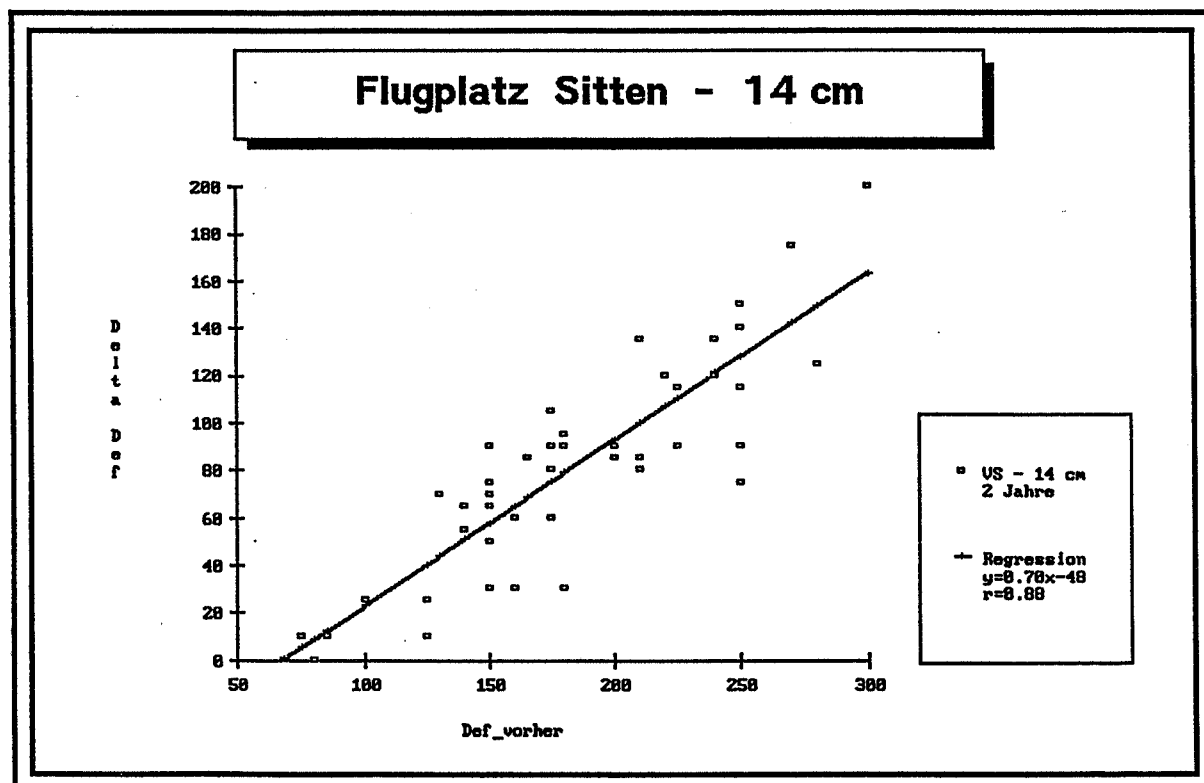
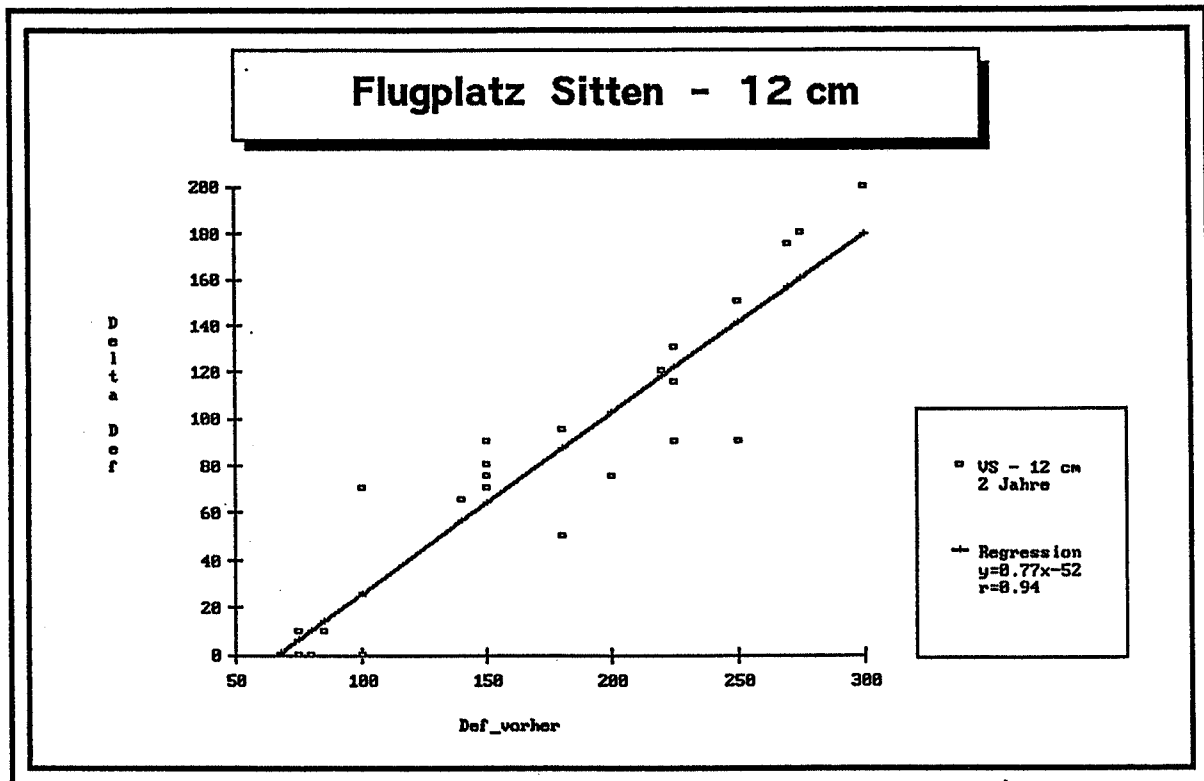


GE - Verstärkung 10 cm

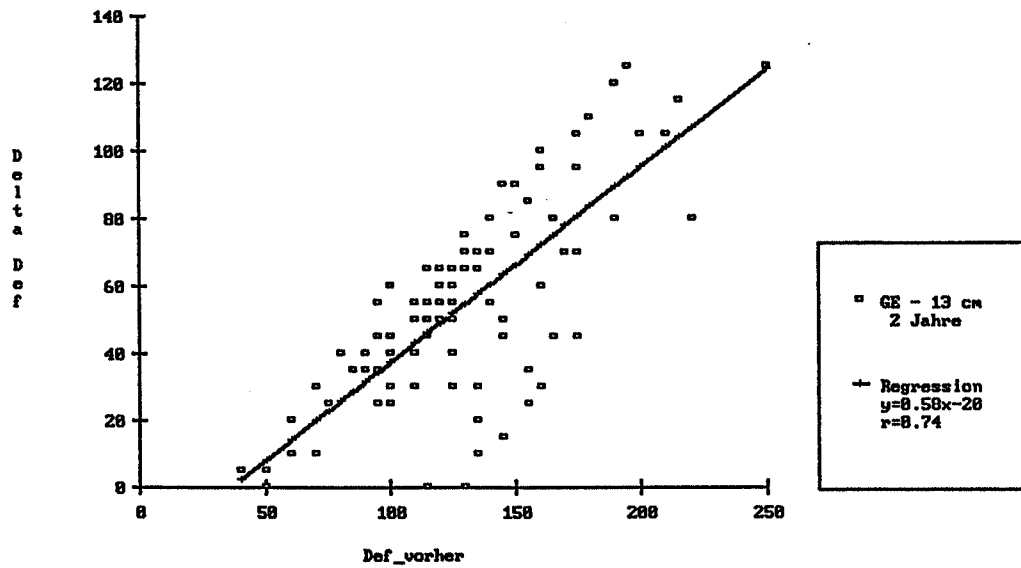


JU - Verstärkung 10 cm

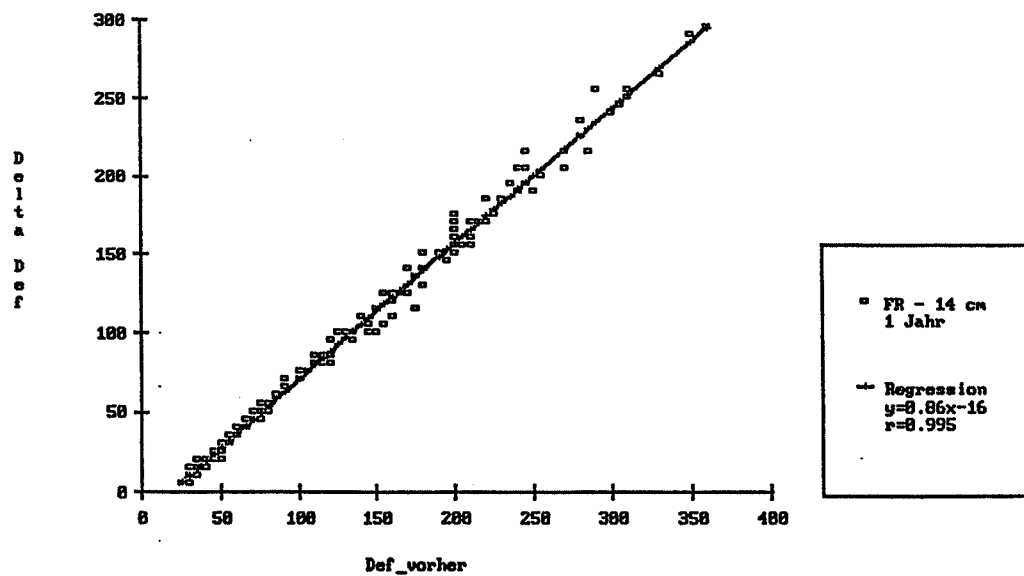


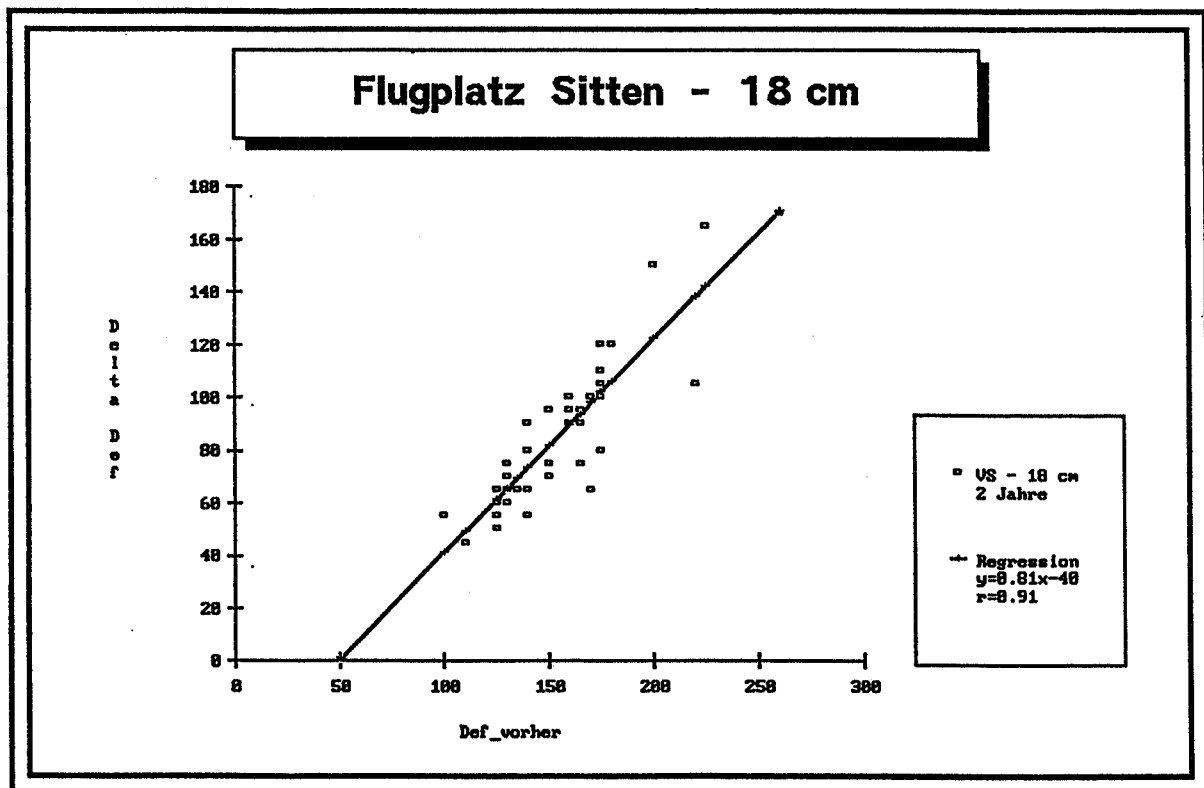
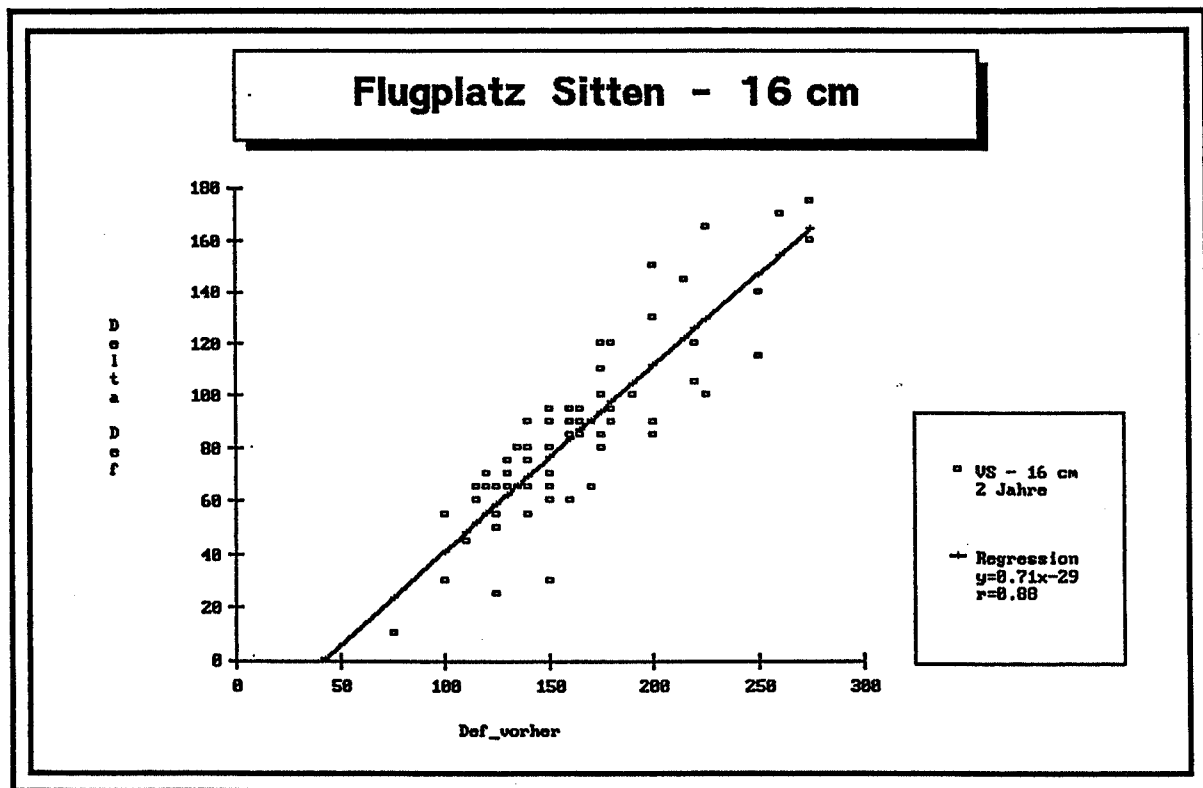


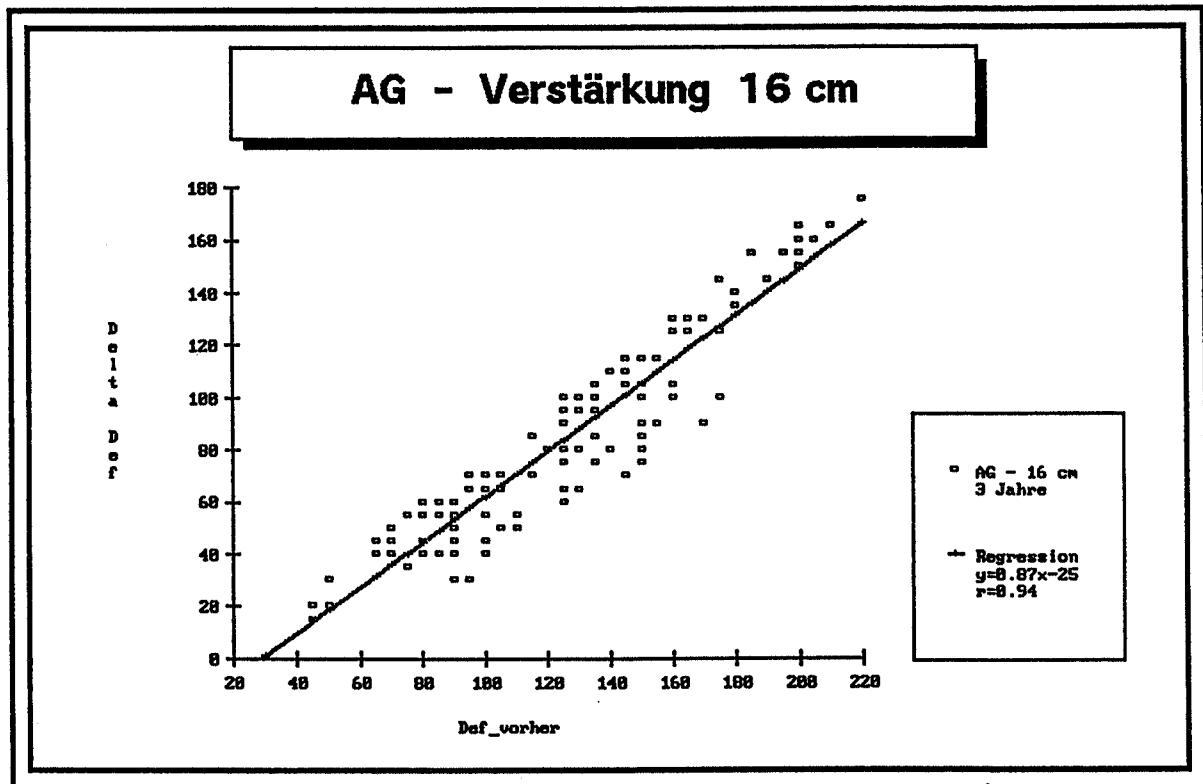
GE - Verstärkung 13 cm



FR - Verstärkung 14 cm







Kanton : AG
 Belagsdicke : 12 cm (7+5)
 Mes. vorher : 1975
 Mes. nachher : 1981
 Verst.jahr : 1977
 Belagstyp : HMT 25 + TA 10
 Strasse : K 108
 Anzahl Mes.: 8

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
12 cm	50	50	0
12 cm	60	60	0
12 cm	60	50	10
12 cm	60	50	10
12 cm	65	50	15
12 cm	70	50	20
12 cm	75	50	25
12 cm	90	60	30

Kanton : AG
 Belagsdicke : 15 cm (8+4+3)
 Mes. vorher : 1968
 Mes. nachher : 1985
 Verst.jahr : 1972
 Belagstyp : HMT + TA 16/10
 Strasse : K 235
 Anzahl Mes.: 16

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
15 cm	60	40	20
15 cm	64	40	24
15 cm	65	40	25
15 cm	68	45	23
15 cm	69	40	29
15 cm	75	50	25
15 cm	76	40	36
15 cm	78	40	38
15 cm	79	50	29
15 cm	80	40	40
15 cm	83	40	43
15 cm	84	50	34
15 cm	87	45	42
15 cm	93	40	53
15 cm	97	40	57
15 cm	111	70	41

Kanton : AG
 Belagsdicke : 6 cm (-4+10)
 Mes. vorher : 1977
 Mes. nachher : 1982
 Verst.jahr : 1978
 Belagstyp : HMT + TA 10
 Strasse : K 112
 Anzahl Mes.: 14

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
6 cm	45	45	0
6 cm	45	40	5
6 cm	50	30	20
6 cm	55	55	0
6 cm	70	65	5
6 cm	70	55	15
6 cm	75	45	30
6 cm	75	75	0
6 cm	90	70	20
6 cm	90	75	15
6 cm	100	70	30
6 cm	100	65	35
6 cm	115	75	40
6 cm	115	105	10

Kanton : AG
 Belagsdicke : O.B. (1.8 kg/qm)
 Mes. vorher : 1977
 Mes. nachher : 1984
 Verst.jahr : 1979
 Belagstyp : O.B. 10/12
 Strasse : K 283
 Anzahl Mes.: 15

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
OB - 1.8 kg	80	65	15
OB - 1.8 kg	95	75	20
OB - 1.8 kg	110	75	35
OB - 1.8 kg	115	95	20
OB - 1.8 kg	115	90	25
OB - 1.8 kg	125	60	65
OB - 1.8 kg	130	105	25
OB - 1.8 kg	135	100	35
OB - 1.8 kg	150	115	35
OB - 1.8 kg	150	100	50
OB - 1.8 kg	150	105	45
OB - 1.8 kg	175	135	40
OB - 1.8 kg	180	145	35
OB - 1.8 kg	180	140	40
OB - 1.8 kg	185	130	55

- Beilage 12 -

Kanton	: AG	Verst.jahr : 1981
Belagsdicke	: 16 cm (7+2*4.5)	Belagstyp : HMT + TA 16u/16
Mes. vorher	: 1977	Strasse : K 283
Mes. nachher	: 1984	Anzahl Mes.: 124

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
16 cm	50	20	30
16 cm	65	15	50
16 cm	65	15	50
16 cm	65	25	40
16 cm	65	20	45
16 cm	65	20	45
16 cm	65	20	45
16 cm	70	15	55
16 cm	70	15	55
16 cm	70	20	50
16 cm	70	15	55
16 cm	70	15	55
16 cm	70	20	50
16 cm	70	25	45
16 cm	70	30	40
16 cm	75	15	60
16 cm	75	20	55
16 cm	75	20	55
16 cm	75	20	55
16 cm	75	40	35
16 cm	80	25	55
16 cm	80	20	60
16 cm	80	40	40
16 cm	80	35	45
16 cm	80	25	55
16 cm	80	25	55
16 cm	85	20	65
16 cm	85	25	60
16 cm	85	45	40
16 cm	85	30	55
16 cm	85	25	60
16 cm	85	25	60
16 cm	90	30	60
16 cm	90	50	40
16 cm	90	60	30
16 cm	90	45	45
16 cm	90	40	50
16 cm	90	35	55
16 cm	95	25	70
16 cm	95	30	65
16 cm	95	65	30
16 cm	100	30	70
16 cm	100	70	30
16 cm	100	30	70
16 cm	100	55	45
16 cm	100	45	55
16 cm	100	60	40

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton	: AG	Verst.jahr : 1981
Belagsdicke	: 16 cm (7+2*4.5)	Belagstyp : HMT + TA 16u/16
Mes. vorher	: 1977	Strasse : K 283
Mes. nachher	: 1984	Anzahl Mes.: 124

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
16 cm	100	35	65
16 cm	105	35	70
16 cm	105	55	50
16 cm	105	40	65
16 cm	105	35	70
16 cm	110	60	50
16 cm	110	55	55
16 cm	110	60	50
16 cm	115	30	85
16 cm	115	30	85
16 cm	115	45	70
16 cm	120	40	80
16 cm	120	40	80
16 cm	125	30	95
16 cm	125	35	90
16 cm	125	25	100
16 cm	125	45	80
16 cm	125	60	65
16 cm	125	50	75
16 cm	125	65	60
16 cm	130	30	100
16 cm	130	35	95
16 cm	130	30	100
16 cm	130	50	80
16 cm	130	65	65
16 cm	130	50	80
16 cm	135	35	100
16 cm	135	30	105
16 cm	135	40	95
16 cm	135	50	85
16 cm	135	60	75
16 cm	140	30	110
16 cm	140	60	80
16 cm	145	75	70
16 cm	145	40	105
16 cm	145	30	115
16 cm	145	35	110
16 cm	150	45	105
16 cm	150	35	115
16 cm	150	60	90
16 cm	150	50	100
16 cm	150	70	80
16 cm	150	60	90
16 cm	150	65	85
16 cm	155	75	75
16 cm	155	40	115
16 cm	155	40	115

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : BL
 Belagsdicke : 9 cm
 Mes. vorher : 1984
 Mes. nachher : 1986
 Verst.jahr : 1985
 Belagstyp : AB 25 U
 Strasse : Zeglingen-Wisen
 Anzahl Mes.: 300

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
9 cm	50	40	10
9 cm	50	50	0
9 cm	50	50	0
9 cm	50	50	0
9 cm	60	50	10
9 cm	60	50	10
9 cm	70	50	20
9 cm	70	30	40
9 cm	70	50	20
9 cm	70	50	20
9 cm	70	40	30
9 cm	70	60	10
9 cm	70	60	10
9 cm	80	60	20
9 cm	80	50	30
9 cm	80	60	20
9 cm	80	40	40
9 cm	80	50	30
9 cm	80	60	20
9 cm	80	60	20
9 cm	80	70	10
9 cm	80	60	20
9 cm	85	70	15
9 cm	90	70	20
9 cm	90	40	50
9 cm	90	60	30
9 cm	90	60	30
9 cm	90	40	50
9 cm	90	60	30
9 cm	90	80	10
9 cm	90	60	30
9 cm	90	60	30
9 cm	90	60	30
9 cm	90	80	10
9 cm	90	65	25
9 cm	95	65	30
9 cm	100	35	65
9 cm	100	70	30
9 cm	100	70	30
9 cm	100	75	25
9 cm	100	70	30
9 cm	100	60	40

Kanton : AG
 Belagsdicke : 16 cm (7*2*4.5)
 Mes. vorher : 1977
 Mes. nachher : 1984
 Verst.jahr : 1981
 Belagstyp : HMT + TA 16u/16
 Strasse : K 283
 Anzahl Mes.: 124

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
16 cm	155	65	90
16 cm	160	30	130
16 cm	160	35	125
16 cm	160	60	100
16 cm	160	55	105
16 cm	165	40	125
16 cm	165	40	125
16 cm	165	35	130
16 cm	170	40	130
16 cm	170	80	90
16 cm	175	75	100
16 cm	175	50	125
16 cm	175	30	145
16 cm	180	45	135
16 cm	180	40	140
16 cm	185	30	155
16 cm	190	45	145
16 cm	190	45	145
16 cm	190	45	145
16 cm	195	40	155
16 cm	200	50	150
16 cm	200	45	155
16 cm	200	35	165
16 cm	200	40	160
16 cm	200	40	160
16 cm	205	45	160
16 cm	210	45	165
16 cm	220	45	175

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
9 cm	100	50	50
9 cm	100	60	40
9 cm	100	40	60
9 cm	100	50	50
9 cm	100	80	20
9 cm	100	40	60
9 cm	100	60	40
9 cm	100	60	40
9 cm	100	60	40
9 cm	100	80	20
9 cm	100	60	40
9 cm	100	80	20
9 cm	100	60	40
9 cm	100	70	30
9 cm	110	80	30
9 cm	110	70	40
9 cm	110	80	30
9 cm	110	50	60
9 cm	110	70	40
9 cm	110	90	20
9 cm	120	75	45
9 cm	120	65	55
9 cm	120	70	50
9 cm	120	110	10
9 cm	130	70	60
9 cm	130	80	50
9 cm	130	70	60
9 cm	130	80	50
9 cm	130	95	35
9 cm	130	70	60
9 cm	130	40	90
9 cm	130	110	20
9 cm	130	40	90
9 cm	130	130	0
9 cm	130	90	40
9 cm	140	100	40
9 cm	140	70	70
9 cm	140	80	60
9 cm	140	40	100
9 cm	140	30	110
9 cm	140	90	50
9 cm	140	80	60
9 cm	140	100	40
9 cm	140	80	60
9 cm	140	100	40
9 cm	145	80	65

Kanton	:	BL	Verst.jahr	:	1985
Belagsdicke	:	9 cm	Belagstyp	:	AB 25 U
Mes. vorher	:	1984	Strasse	:	Zeglingen-Wisen
Mes. nachher	:	1986	Anzahl Mes.:	:	300

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
9 cm	150	75	75
9 cm	150	120	30
9 cm	150	100	50
9 cm	150	90	60
9 cm	150	90	60
9 cm	150	110	40
9 cm	150	50	100
9 cm	150	40	110
9 cm	150	90	60
9 cm	150	70	80
9 cm	150	60	90
9 cm	150	70	80
9 cm	150	30	120
9 cm	150	80	70
9 cm	160	70	90
9 cm	170	130	40
9 cm	170	110	60
9 cm	170	120	50
9 cm	170	70	100
9 cm	170	70	100
9 cm	170	60	110
9 cm	170	70	100
9 cm	170	40	130
9 cm	170	70	100
9 cm	170	70	100
9 cm	175	120	50
9 cm	175	110	65
9 cm	175	80	95
9 cm	180	110	70
9 cm	180	125	55
9 cm	180	160	20
9 cm	180	160	20
9 cm	180	130	50
9 cm	180	90	90
9 cm	180	70	110
9 cm	180	100	80
9 cm	180	170	10
9 cm	180	70	110
9 cm	180	80	100
9 cm	180	100	80
9 cm	180	70	110
9 cm	180	50	130
9 cm	180	60	120
9 cm	190	180	10
9 cm	190	110	80
9 cm	190	100	90
9 cm	190	100	90
9 cm	190	70	120
9 cm	190	40	150
9 cm	200	100	100

Kanton	: BL	Verst.jahr : 1985
Belagsdicke	: 9 cm	Belagstyp : AB 25 U
Mes. vorher	: 1984	Strasse : Zeglingen-Wisen
Mes. nachher	: 1986	Anzahl Mes.: 300

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
9 cm	200	130	70
9 cm	200	150	50
9 cm	200	110	90
9 cm	200	80	120
9 cm	200	130	70
9 cm	200	110	90
9 cm	200	100	100
9 cm	200	50	150
9 cm	200	50	150
9 cm	200	70	130
9 cm	200	40	160
9 cm	200	30	170
9 cm	200	40	160
9 cm	200	40	160
9 cm	200	120	80
9 cm	200	70	130
9 cm	200	100	100
9 cm	200	50	150
9 cm	200	30	170
9 cm	200	70	130
9 cm	200	80	120
9 cm	200	70	130
9 cm	210	40	170
9 cm	210	70	140
9 cm	210	120	90
9 cm	220	140	80
9 cm	220	100	120
9 cm	220	110	110
9 cm	220	140	80
9 cm	220	80	140
9 cm	220	70	150
9 cm	220	100	120
9 cm	220	70	150
9 cm	220	70	150
9 cm	225	100	125
9 cm	225	150	75
9 cm	225	120	105
9 cm	230	130	100
9 cm	230	80	150
9 cm	230	120	110
9 cm	230	80	150
9 cm	230	120	110
9 cm	230	140	90
9 cm	230	100	130
9 cm	230	140	90
9 cm	230	40	190
9 cm	230	50	180
9 cm	230	70	160

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
9 cm	230	70	160
9 cm	230	150	80
9 cm	240	130	110
9 cm	240	120	120
9 cm	240	130	110
9 cm	240	70	170
9 cm	240	130	110
9 cm	240	70	170
9 cm	240	80	160
9 cm	240	130	110
9 cm	240	150	90
9 cm	240	170	70
9 cm	240	180	60
9 cm	250	130	120
9 cm	250	180	70
9 cm	250	120	130
9 cm	250	80	170
9 cm	250	120	130
9 cm	250	80	170
9 cm	250	100	150
9 cm	250	60	190
9 cm	250	80	170
9 cm	250	70	180
9 cm	260	120	140
9 cm	260	80	180
9 cm	260	80	180
9 cm	260	40	220
9 cm	260	80	180
9 cm	260	250	10
9 cm	270	140	130
9 cm	270	130	140
9 cm	270	180	90
9 cm	270	130	140
9 cm	270	80	190
9 cm	270	200	70
9 cm	280	80	200
9 cm	280	80	200
9 cm	280	130	150
9 cm	280	160	120
9 cm	280	210	70
9 cm	280	200	80
9 cm	280	160	120
9 cm	280	180	100
9 cm	280	190	90

Kanton : BL
 Belagsdicke : 9 cm
 Mes. vorher : 1984
 Mes. nachher : 1986
 Verst.jahr : 1985
 Belagstyp : AB 25 U
 Strasse : Zeglingen-Wisen
 Anzahl Mes.: 300

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
9 cm	280	170	110
9 cm	280	160	120
9 cm	280	130	150
9 cm	280	170	110
9 cm	280	220	60
9 cm	280	130	150
9 cm	290	140	150
9 cm	290	180	110
9 cm	290	130	160
9 cm	290	90	200
9 cm	290	120	170
9 cm	300	200	100
9 cm	300	180	120
9 cm	300	170	130
9 cm	300	170	130
9 cm	300	120	180
9 cm	300	70	230
9 cm	300	90	210
9 cm	300	60	240
9 cm	300	130	170
9 cm	300	160	140
9 cm	300	200	100
9 cm	300	190	110
9 cm	300	170	130
9 cm	300	110	190
9 cm	300	140	160
9 cm	310	120	190
9 cm	310	150	160
9 cm	310	170	140
9 cm	310	80	230
9 cm	320	180	140
9 cm	320	140	180
9 cm	320	100	220
9 cm	320	70	250
9 cm	320	90	230
9 cm	320	220	100
9 cm	320	270	50
9 cm	320	170	150
9 cm	320	120	200
9 cm	330	140	190
9 cm	330	190	140
9 cm	330	100	230
9 cm	330	240	90
9 cm	340	240	100
9 cm	350	220	130
9 cm	350	130	220
9 cm	350	230	120
9 cm	370	225	145
9 cm	370	250	120
9 cm	370	200	170

Kanton : VS
 Belagsdicke : 8 cm
 Mes. vorher : 1972
 Mes. nachher : 1977
 Verst.jahr : 1975
 Belagstyp :
 Strasse : Flugplatz Sion
 Anzahl Mes.: 18

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
8 cm	40	40	0
8 cm	40	40	0
8 cm	50	50	0
8 cm	50	50	0
8 cm	50	45	5
8 cm	65	65	0
8 cm	75	75	0
8 cm	75	55	20
8 cm	100	100	0
8 cm	100	95	5
8 cm	115	100	15
8 cm	120	40	80
8 cm	130	100	30
8 cm	135	110	25
8 cm	175	85	90
8 cm	175	125	50
8 cm	175	160	15
8 cm	220	85	135

Kanton : VS
 Belagsdicke : 10 cm
 Mes. vorher : 1972
 Mes. nachher : 1977
 Verst.jahr : 1975
 Belagstyp :
 Strasse : Flugplatz Sion
 Anzahl Mes.: 20

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
10 cm	50	50	0
10 cm	50	50	0
10 cm	75	65	10
10 cm	75	70	5
10 cm	80	80	0
10 cm	85	70	15
10 cm	90	75	15
10 cm	100	75	25
10 cm	100	30	70
10 cm	120	80	40
10 cm	120	100	20
10 cm	130	100	30
10 cm	150	75	75
10 cm	175	85	90
10 cm	175	110	65
10 cm	200	125	75
10 cm	200	125	75
10 cm	220	85	135
10 cm	275	95	180
10 cm	320	135	185

- Beilage 17 -

Kanton : VS
 Belagsdicke : 14 cm
 Mes. vorher : 1972
 Mes. nachher : 1977
 Verst.jahr : 1975
 Belagstyp :
 Strasse : Flugplatz Sion
 Anzahl Mes.: 49

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
14 cm	75	65	10
14 cm	80	80	0
14 cm	85	75	10
14 cm	100	75	25
14 cm	115	115	0
14 cm	125	100	25
14 cm	130	60	70
14 cm	140	75	65
14 cm	140	85	55
14 cm	140	75	65
14 cm	140	75	65
14 cm	140	75	65
14 cm	150	80	70
14 cm	150	75	75
14 cm	150	60	90
14 cm	150	100	50
14 cm	150	120	30
14 cm	150	85	65
14 cm	150	70	80
14 cm	160	130	30
14 cm	160	100	60
14 cm	160	75	85
14 cm	165	80	85
14 cm	175	115	60
14 cm	175	85	90
14 cm	175	70	105
14 cm	175	95	80
14 cm	180	85	95
14 cm	180	150	30
14 cm	180	90	90
14 cm	200	115	85
14 cm	200	110	90
14 cm	210	130	80
14 cm	210	125	85
14 cm	210	75	135
14 cm	220	100	120
14 cm	225	110	115
14 cm	225	135	90
14 cm	240	105	135
14 cm	240	120	120
14 cm	250	160	90
14 cm	250	100	150
14 cm	250	175	75
14 cm	250	135	115
14 cm	250	110	140
14 cm	270	95	175
14 cm	275	100	175
14 cm	280	155	125
14 cm	300	100	200

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : VS
 Belagsdicke : 12 cm
 Mes. vorher : 1972
 Mes. nachher : 1977
 Verst.jahr : 1975
 Belagstyp :
 Strasse : Flugplatz Sion
 Anzahl Mes.: 27

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
12 cm	75	75	0
12 cm	75	65	10
12 cm	80	80	0
12 cm	80	80	0
12 cm	85	75	10
12 cm	100	75	25
12 cm	100	100	0
12 cm	100	75	25
12 cm	100	30	70
12 cm	140	75	65
12 cm	150	80	70
12 cm	150	75	75
12 cm	150	60	90
12 cm	150	70	80
12 cm	150	75	75
12 cm	180	85	95
12 cm	180	130	50
12 cm	200	125	75
12 cm	220	100	120
12 cm	225	110	115
12 cm	225	135	90
12 cm	225	95	130
12 cm	250	160	90
12 cm	250	100	150
12 cm	270	95	175
12 cm	275	95	180
12 cm	300	100	200

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : VS
Belagsdicke : 16 cm
Mes. vorher : 1972
Mes. nachher : 1977
Verst.jahr : 1975
Belagstyp :
Strasse : Flugplatz Sion
Anzahl Mes.: 74

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
16 cm	175	90	85
16 cm	175	65	110
16 cm	175	95	80
16 cm	180	60	120
16 cm	180	85	95
16 cm	180	90	90
16 cm	190	90	100
16 cm	200	50	150
16 cm	200	70	130
16 cm	200	70	130
16 cm	200	115	85
16 cm	200	110	90
16 cm	215	70	145
16 cm	220	115	105

Kanton : VS
Belagsdicke : 16 cm
Mes. vorher : 1972
Mes. nachher : 1977
Verst.jahr : 1975
Belagstyp :
Strasse : Flugplatz Sion
Anzahl Mes.: 74

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
16 cm	75	65	10
16 cm	100	45	55
16 cm	100	70	30
16 cm	110	65	45
16 cm	115	55	60
16 cm	115	50	65
16 cm	120	50	70
16 cm	120	55	65
16 cm	125	60	65
16 cm	125	75	50
16 cm	125	60	65
16 cm	125	100	25
16 cm	125	70	55
16 cm	130	60	70
16 cm	130	65	65
16 cm	130	55	75
16 cm	130	55	75
16 cm	135	70	65
16 cm	135	70	65
16 cm	135	55	80
16 cm	140	85	55
16 cm	140	75	65
16 cm	140	50	90
16 cm	140	60	80
16 cm	140	65	75
16 cm	140	75	65
16 cm	140	75	65
16 cm	140	75	65
16 cm	150	55	95
16 cm	150	80	70
16 cm	150	90	60
16 cm	150	60	90
16 cm	150	120	30
16 cm	150	85	65
16 cm	160	70	80
16 cm	160	65	95
16 cm	160	70	90
16 cm	160	100	60
16 cm	160	75	85
16 cm	165	75	90
16 cm	165	70	95
16 cm	165	80	85
16 cm	170	105	65
16 cm	170	90	80
16 cm	175	95	80
16 cm	175	75	100
16 cm	175	55	120

Kanton : GE
Belagsdicke : 4 cm
Mes. vorher : 1978
Mes. nachher : 1982
Verst.jahr : 1980
Belagstyp : AB 10
Strasse : RC 70
Anzahl Mes.: 22

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
4 cm	45	45	0
4 cm	50	45	5
4 cm	55	50	5
4 cm	60	35	25
4 cm	65	35	25
4 cm	65	40	25
4 cm	65	50	15
4 cm	65	40	25
4 cm	65	55	10
4 cm	65	50	15
4 cm	65	60	5
4 cm	75	50	25
4 cm	75	45	30
4 cm	75	55	20
4 cm	75	75	0
4 cm	80	60	20
4 cm	85	60	25
4 cm	95	50	45
4 cm	95	50	45
4 cm	100	100	0
4 cm	105	45	60
4 cm	110	60	50

Kanton : GE
Belagsdicke : 4 cm
Mes. vorher : 1979
Mes. nachher : 1981
Verst.jahr : 1980
Belagstyp : AB 16 U
Strasse : RC 3
Anzahl Mes.: 18

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
4 cm	50	25	25
4 cm	50	40	10
4 cm	50	50	0
4 cm	50	35	15
4 cm	55	25	30
4 cm	60	60	0
4 cm	60	40	20
4 cm	65	50	15
4 cm	70	60	10
4 cm	75	50	25
4 cm	75	25	50
4 cm	75	45	30
4 cm	80	50	30
4 cm	85	65	20
4 cm	90	90	0
4 cm	95	80	15
4 cm	100	80	20
4 cm	125	90	35

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : VS
Belagsdicke : 18 cm
Mes. vorher : 1972
Mes. nachher : 1977
Verst.jahr : 1975
Belagstyp : Flugplatz Sion
Strasse :
Anzahl Mes.: 40

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
18 cm	100	45	55
18 cm	110	65	45
18 cm	125	60	65
18 cm	125	75	50
18 cm	125	60	65
18 cm	125	60	65
18 cm	125	65	60
18 cm	125	70	55
18 cm	130	60	70
18 cm	130	65	65
18 cm	130	55	75
18 cm	130	75	60
18 cm	135	70	65
18 cm	140	85	55
18 cm	140	75	65
18 cm	140	50	90
18 cm	140	60	80
18 cm	150	55	95
18 cm	150	80	70
18 cm	150	75	75
18 cm	160	65	95
18 cm	160	70	90
18 cm	160	60	100
18 cm	165	75	90
18 cm	165	70	95
18 cm	165	90	75
18 cm	170	105	65
18 cm	170	70	100
18 cm	175	95	80
18 cm	175	75	100
18 cm	175	55	120
18 cm	175	70	105
18 cm	175	65	110
18 cm	180	60	120
18 cm	200	50	150
18 cm	220	115	105
18 cm	225	60	165
18 cm	260	90	170
18 cm	300	170	130

S.A.C.R. - FA 4/85

- Beilage 20 -

Kanton : GE				Verst.jahr : 1980			
Belagsdicke : 4 cm				Belagstyp : AB 10			
Mes. vorher : 1979				Strasse : RC 1			
Mes. nachher : 1981				Anzahl Mes.: 82			
-----				-----			
Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher	Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
4 cm	40	40	0	4 cm	95	95	0
4 cm	40	40	0	4 cm	95	95	0
4 cm	40	40	0	4 cm	95	95	0
4 cm	45	35	10	4 cm	95	90	5
4 cm	45	45	0	4 cm	95	55	40
4 cm	45	45	0	4 cm	100	45	55
4 cm	45	30	15	4 cm	100	80	20
4 cm	50	40	10	4 cm	100	85	15
4 cm	50	30	20	4 cm	100	80	20
4 cm	50	50	0	4 cm	100	75	25
4 cm	50	50	0	4 cm	100	100	0
4 cm	50	40	10	4 cm	100	90	10
4 cm	50	50	0	4 cm	100	55	45
4 cm	55	55	0	4 cm	105	60	45
4 cm	55	40	15	4 cm	110	70	40
4 cm	55	50	5	4 cm	110	50	60
4 cm	55	45	10	4 cm	115	110	5
4 cm	55	45	10	4 cm	115	80	35
4 cm	60	60	0	4 cm	115	50	65
4 cm	60	60	0	4 cm	115	60	55
4 cm	60	60	0	4 cm	115	75	40
4 cm	65	65	0	4 cm	115	90	25
4 cm	65	55	10	4 cm	115	100	15
4 cm	65	50	15	4 cm	115	100	15
4 cm	70	70	0	4 cm	120	75	45
4 cm	70	70	0	4 cm	120	120	0
4 cm	70	60	10	4 cm	125	55	70
4 cm	70	55	15	4 cm	125	110	15
4 cm	75	30	45	4 cm	125	80	45
4 cm	75	65	10	4 cm	130	75	55
4 cm	75	65	10	4 cm	140	80	60
4 cm	75	30	45	4 cm	155	50	105
4 cm	75	65	10	4 cm	155	100	55
4 cm	75	75	0				
4 cm	75	75	0				
4 cm	75	65	10				
4 cm	75	60	15				
4 cm	75	60	15				
4 cm	80	80	0				
4 cm	80	60	20				
4 cm	80	80	0				
4 cm	85	30	55				
4 cm	85	50	35				
4 cm	85	75	10				
4 cm	85	85	0				
4 cm	85	85	0				
4 cm	90	70	15				
4 cm	90	35	55				
4 cm	90	60	30				

Kanton : GE				Verst.jahr : 1985			
Belagsdicke : 5 cm				Belagstyp : AB 16			
Mes. vorher : 1982				Strasse : RC 85			
Mes. nachher : 1986				Anzahl Mes.: 32			
Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher				
5 cm	60	55	5				
5 cm	65	50	15				
5 cm	75	60	15				
5 cm	75	70	5				
5 cm	75	65	10				
5 cm	80	65	15				
5 cm	80	90	-10				
5 cm	80	50	30				
5 cm	80	75	5				
5 cm	85	85	0				
5 cm	85	105	-20				
5 cm	85	75	10				
5 cm	95	75	20				
5 cm	105	80	25				
5 cm	105	105	0				
5 cm	105	90	15				
5 cm	105	100	5				
5 cm	105	75	30				
5 cm	110	105	5				
5 cm	120	90	30				
5 cm	130	100	30				
5 cm	130	95	35				
5 cm	130	75	55				
5 cm	130	80	50				
5 cm	150	110	40				
5 cm	175	145	30				
5 cm	195	105	90				
5 cm	245	150	95				
5 cm	250	165	85				
5 cm	260	185	75				
5 cm	280	175	105				
5 cm	370	180	190				

Kanton : GE				Verst.jahr : 1981			
Belagsdicke : 5 cm				Belagstyp : AB 16			
Mes. vorher : 1978				Strasse : RC 85			
Mes. nachher : 1982				Anzahl Mes.: 24			
Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher				
5 cm	160	150	10				
5 cm	420	375	45				
5 cm	190	210	-20				
5 cm	230	165	65				
5 cm	155	140	15				
5 cm	240	200	40				
5 cm	60	65	-5				
5 cm	125	115	10				
5 cm	295	255	40				
5 cm	150	170	-20				
5 cm	250	200	50				
5 cm	180	120	60				
5 cm	125	85	40				
5 cm	225	150	75				
5 cm	205	185	20				
5 cm	340	305	35				
5 cm	175	165	10				
5 cm	125	10	115				
5 cm	175	145	30				
5 cm	65	65	0				
5 cm	165	155	10				
5 cm	90	125	-35				
5 cm	175	150	25				
5 cm	90	85	5				

Kanton	: GE	Verst.jahr : 1980	Kanton	: GE	Verst.jahr : 1981
Belagsdicke	: 7 cm	Belagstyp : AB 16 + AB 10	Belagsdicke	: 7 cm	Belagstyp : AB 16 U
Mes. vorher	: 1980	Strasse : RC 4	Mes. vorher	: 1980	Strasse : RC 27
Mes. nachher	: 1982	Anzahl Mes.: 37	Mes. nachher	: 1982	Anzahl Mes.: 34

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
7 cm	60	35	5
7 cm	60	40	5
7 cm	60	45	5
7 cm	60	50	5
7 cm	65	55	25
7 cm	65	55	10
7 cm	65	75	0
7 cm	70	85	20
7 cm	75	65	20
7 cm	75	65	20
7 cm	75	75	10
7 cm	75	85	10
7 cm	75	95	0
7 cm	75	100	15
7 cm	75	100	50
7 cm	75	105	45
7 cm	80	105	45
7 cm	85	110	30
7 cm	90	110	30
7 cm	95	110	30
7 cm	100	115	5
7 cm	100	125	25
7 cm	105	125	60
7 cm	105	130	40
7 cm	105	135	5
7 cm	105	135	5
7 cm	105	145	50
7 cm	110	160	65
7 cm	110	165	70
7 cm	115	185	80
7 cm	120	200	125
7 cm	125	205	55
7 cm	125	205	15
7 cm	125	235	145
7 cm	125	260	145
7 cm	130	265	130
7 cm	140	275	170
7 cm	155	290	135
7 cm	175		
7 cm	180		
7 cm	230		

Kanton : GE
Belagsdicke : 8 cm
Mes. vorher : 1978
Mes. nachher : 1982
Verst.jahr : 1981
Belagstyp : AB 16 + AB 10
Strasse : RC 61
Anzahl Mes.: 51

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
8 cm	50	35	15
8 cm	50	50	0
8 cm	60	60	0
8 cm	65	65	0
8 cm	65	65	0
8 cm	65	45	20
8 cm	70	50	20
8 cm	70	70	0
8 cm	70	65	5
8 cm	70	60	10
8 cm	75	55	20
8 cm	80	80	0
8 cm	90	70	20
8 cm	90	60	30
8 cm	90	75	15
8 cm	90	85	5
8 cm	100	65	35
8 cm	100	75	25
8 cm	100	75	25
8 cm	100	70	30
8 cm	100	100	0
8 cm	105	100	5
8 cm	105	70	35
8 cm	105	100	5
8 cm	105	80	25
8 cm	105	100	5
8 cm	110	95	15
8 cm	115	90	25
8 cm	120	110	10
8 cm	125	100	25
8 cm	125	105	20
8 cm	130	80	50
8 cm	135	80	55
8 cm	140	90	50
8 cm	140	95	45
8 cm	140	80	60
8 cm	145	90	55
8 cm	145	105	40
8 cm	150	90	60
8 cm	150	90	60
8 cm	150	115	35
8 cm	150	50	100
8 cm	150	85	65
8 cm	150	95	55
8 cm	160	95	65
8 cm	160	85	75
8 cm	165	130	35
8 cm	165	90	75
8 cm	195	100	95
8 cm	200	55	145
8 cm	225	85	140
8 cm	230	70	160

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : GE
Belagsdicke : 7 cm
Mes. vorher : 1978
Mes. nachher : 1986
Verst.jahr : 1982
Belagstyp : AB 16 + AB 10
Strasse : RC 71
Anzahl Mes.: 43

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
7 cm	50	40	10
7 cm	50	35	15
7 cm	60	40	20
7 cm	65	50	15
7 cm	65	50	15
7 cm	70	55	15
7 cm	70	50	20
7 cm	70	45	25
7 cm	70	60	10
7 cm	70	35	35
7 cm	75	50	25
7 cm	75	60	15
7 cm	75	60	15
7 cm	95	50	45
7 cm	95	50	45
7 cm	95	90	5
7 cm	95	50	45
7 cm	100	70	30
7 cm	100	40	60
7 cm	100	30	70
7 cm	100	45	55
7 cm	100	50	50
7 cm	105	85	20
7 cm	105	45	60
7 cm	110	60	50
7 cm	110	75	35
7 cm	115	70	45
7 cm	115	60	55
7 cm	120	55	65
7 cm	125	70	55
7 cm	125	60	65
7 cm	125	50	75
7 cm	135	65	70
7 cm	135	100	35
7 cm	140	110	30
7 cm	145	100	45
7 cm	150	100	50
7 cm	150	65	85
7 cm	150	80	70
7 cm	155	100	55
7 cm	165	85	80
7 cm	170	140	30
7 cm	210	125	85

S.A.C.R. - FA 4/85

Kanton : GE
Belagsdicke : 10 cm
Mes. vorher : 1979
Mes. nachher : 1983
Verst. Jahr : 1981
Belagstyp : AB 16 + AB 10
Strasse : RC 67
Anzahl Mes.: 39

Kanton : JU
Belagsdicke : 6 cm (3+3)
Mes. vorher : 1984
Mes. nachher : 1986
Verst. Jahr : 1985
Belagstyp : AB 10 + AB 10s
Strasse : T 6
Anzahl Mes.: 48

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
10 cm	50	50	0
10 cm	60	10	10
10 cm	70	60	10
10 cm	70	70	0
10 cm	75	70	5
10 cm	80	55	25
10 cm	80	60	20
10 cm	85	70	15
10 cm	85	55	30
10 cm	90	75	15
10 cm	90	70	20
10 cm	90	65	25
10 cm	90	65	25
10 cm	90	60	30
10 cm	90	70	20
10 cm	100	90	10
10 cm	100	70	30
10 cm	105	75	30
10 cm	105	50	55
10 cm	110	75	35
10 cm	115	85	30
10 cm	120	100	20
10 cm	120	60	60
10 cm	120	70	50
10 cm	130	95	35
10 cm	130	100	30
10 cm	140	75	65
10 cm	145	95	50
10 cm	150	80	70
10 cm	150	80	70
10 cm	160	105	55
10 cm	160	75	85
10 cm	160	110	50
10 cm	165	120	45
10 cm	185	80	105
10 cm	185	100	85
10 cm	200	160	40
10 cm	200	130	70
10 cm	250	110	140

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
6 cm	25	20	5
6 cm	55	50	5
6 cm	70	45	25
6 cm	70	60	10
6 cm	75	55	20
6 cm	80	70	10
6 cm	85	65	20
6 cm	90	75	15
6 cm	90	75	15
6 cm	100	60	40
6 cm	100	70	30
6 cm	100	70	30
6 cm	100	50	50
6 cm	100	40	60
6 cm	100	50	50
6 cm	105	75	30
6 cm	110	90	20
6 cm	110	50	60
6 cm	110	50	60
6 cm	115	80	35
6 cm	120	105	15
6 cm	120	105	15
6 cm	120	60	60
6 cm	120	60	60
6 cm	120	110	10
6 cm	130	50	80
6 cm	135	90	45
6 cm	140	80	60
6 cm	140	90	50
6 cm	145	85	60
6 cm	150	130	20
6 cm	150	75	75
6 cm	160	100	60
6 cm	160	90	70
6 cm	160	95	65
6 cm	165	100	65
6 cm	180	95	85
6 cm	190	80	110
6 cm	190	100	90
6 cm	190	80	110
6 cm	190	100	90
6 cm	190	150	40
6 cm	190	120	70
6 cm	200	100	100
6 cm	205	140	65
6 cm	210	130	80
6 cm	280	80	200

Kanton : GE
Belagsdicke : 10 cm
Mes. vorher : 1978
Mes. nachher : 1982

Verst.jahr : 1981
Belagstyp : AB 25 + AB 10
Strasse : RC 27
Anzahl Mes.: 82

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
10 cm	130	65	65
10 cm	130	50	80
10 cm	130	75	55
10 cm	130	90	40
10 cm	135	105	30
10 cm	135	65	70
10 cm	140	65	75
10 cm	145	75	70
10 cm	145	105	40
10 cm	150	50	100
10 cm	155	60	95
10 cm	155	75	80
10 cm	160	85	75
10 cm	160	60	100
10 cm	160	65	95
10 cm	160	105	55
10 cm	160	95	65
10 cm	165	130	35
10 cm	170	70	100
10 cm	170	60	110
10 cm	175	85	85
10 cm	180	40	140
10 cm	180	100	80
10 cm	185	95	90
10 cm	185	60	125
10 cm	185	100	85
10 cm	190	115	75
10 cm	195	55	140
10 cm	200	125	75
10 cm	205	150	55
10 cm	205	140	65
10 cm	210	60	150
10 cm	210	105	105
10 cm	220	75	145
10 cm	230	70	160
10 cm	245	110	135
10 cm	305	50	255

Kanton : GE
Belagsdicke : 10 cm
Mes. vorher : 1978
Mes. nachher : 1982

Verst.jahr : 1981
Belagstyp : AB 25 + AB 10
Strasse : RC 27
Anzahl Mes.: 82

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
10 cm	35	30	5
10 cm	40	40	0
10 cm	40	0	0
10 cm	45	30	15
10 cm	50	40	10
10 cm	50	0	0
10 cm	50	50	0
10 cm	50	45	5
10 cm	55	50	5
10 cm	60	35	25
10 cm	60	0	0
10 cm	65	50	15
10 cm	65	40	25
10 cm	65	55	0
10 cm	65	65	0
10 cm	70	70	0
10 cm	70	60	10
10 cm	70	60	10
10 cm	75	50	25
10 cm	75	40	35
10 cm	75	75	0
10 cm	80	50	30
10 cm	85	65	20
10 cm	85	50	35
10 cm	90	65	25
10 cm	90	85	5
10 cm	90	50	40
10 cm	95	50	45
10 cm	100	70	30
10 cm	100	85	15
10 cm	100	55	45
10 cm	100	30	70
10 cm	100	60	40
10 cm	105	60	45
10 cm	105	70	35
10 cm	105	60	45
10 cm	110	60	50
10 cm	110	30	30
10 cm	110	80	30
10 cm	110	60	50
10 cm	115	50	65
10 cm	115	95	20
10 cm	120	45	75
10 cm	120	65	55
10 cm	120	85	35
10 cm	125	70	55
10 cm	125	60	65
10 cm	125	120	5
10 cm	125	65	60

- Beilage 26 -

Kanton	: GE	Verst.-jahr : 1981
Belagsdicke : 13 cm	Belagstyp : AB 25 + AB 16	
Mes. vorher : 1979	Strasse : RC 68	
Mes. nachher : 1983	Anzahl Mes.: 88	

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
13 cm	50	45	5
13 cm	50	50	0
13 cm	60	50	10
13 cm	60	40	20
13 cm	70	40	30
13 cm	70	60	10
13 cm	75	50	25
13 cm	80	40	40
13 cm	85	50	35
13 cm	90	55	35
13 cm	90	50	40
13 cm	95	60	35
13 cm	95	50	45
13 cm	95	40	55
13 cm	95	70	25
13 cm	100	60	40
13 cm	100	55	45
13 cm	100	40	60
13 cm	100	70	30
13 cm	100	70	30
13 cm	100	75	25
13 cm	100	60	40
13 cm	100	70	30
13 cm	110	55	55
13 cm	110	60	50
13 cm	110	55	55
13 cm	110	80	30
13 cm	115	60	55
13 cm	115	60	55
13 cm	115	50	65
13 cm	115	70	45
13 cm	120	65	55
13 cm	120	55	65
13 cm	120	60	60
13 cm	120	70	50
13 cm	125	60	65
13 cm	125	65	60
13 cm	125	65	60
13 cm	125	70	55
13 cm	125	75	50
13 cm	125	85	40
13 cm	125	95	30
13 cm	125	70	55
13 cm	125	70	55
13 cm	125	65	60
13 cm	130	60	70

Kanton : JU
Belagsdicke : 6 cm (3+3)
Verst.jahr : 1980
Mes. vorher : 1978
Belagstyp : AB 10 + AB 10s
Strasse : T 6
Mes. nachher : 1982
Anzahl Mes.: 69

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
6 cm	100	40	60
6 cm	105	60	45
6 cm	110	70	40
6 cm	110	80	30
6 cm	110	70	40
6 cm	110	40	70
6 cm	110	40	70
6 cm	115	50	65
6 cm	120	90	30
6 cm	120	70	50
6 cm	120	100	20
6 cm	120	110	10
6 cm	120	50	70
6 cm	120	80	40
6 cm	125	90	35
6 cm	130	95	35
6 cm	130	100	30
6 cm	130	70	60
6 cm	130	85	45
6 cm	145	120	25
6 cm	180	70	110

Kanton : JU
Belagsdicke : 6 cm (2+4)
Verst.jahr : 1983
Mes. vorher : 1982
Belagstyp : AB 10 + AB 16s
Strasse : T 18a
Mes. nachher : 1983
Anzahl Mes.: 12

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
6 cm	40	15	25
6 cm	45	30	15
6 cm	50	20	30
6 cm	55	30	25
6 cm	60	40	20
6 cm	65	30	35
6 cm	70	55	15
6 cm	75	60	15
6 cm	90	55	35
6 cm	90	45	45
6 cm	110	85	25
6 cm	120	100	20
6 cm	150	60	90

Kanton : JU
Belagsdicke : 6 cm (3+3)
Verst.jahr : 1980
Mes. vorher : 1978
Belagstyp : AB 10 + AB 10s
Strasse : T 6
Mes. nachher : 1982
Anzahl Mes.: 69

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
6 cm	50	45	5
6 cm	50	50	0
6 cm	55	30	25
6 cm	60	50	10
6 cm	60	40	20
6 cm	60	20	40
6 cm	65	35	30
6 cm	65	35	30
6 cm	65	30	35
6 cm	65	30	35
6 cm	70	30	40
6 cm	70	40	30
6 cm	70	50	20
6 cm	70	30	40
6 cm	75	25	45
6 cm	75	60	10
6 cm	75	40	35
6 cm	75	45	30
6 cm	75	40	35
6 cm	75	25	50
6 cm	80	40	40
6 cm	80	45	35
6 cm	80	65	15
6 cm	80	70	10
6 cm	80	45	35
6 cm	80	55	25
6 cm	80	50	30
6 cm	80	60	20
6 cm	80	35	45
6 cm	80	30	50
6 cm	80	40	40
6 cm	85	50	35
6 cm	85	50	35
6 cm	85	45	40
6 cm	90	75	15
6 cm	90	40	50
6 cm	90	70	20
6 cm	90	50	40
6 cm	90	60	30
6 cm	90	40	50
6 cm	95	40	55
6 cm	100	65	35
6 cm	100	35	65
6 cm	100	70	30
6 cm	100	65	35
6 cm	100	75	25
6 cm	100	80	20
6 cm	100	30	70

Kanton	: JU	Verst.jahr : 1980
Belagsdicke	: 10 cm (6+4)	Belagstyp : HMTB 25 + AB 16
Mes. vorher	: 1979	Strasse : T 18a
Mes. nachher	: 1981	Anzahl Mes.: 66

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta Def vor/nachher
10 cm	40	35	5
10 cm	65	35	30
10 cm	70	40	30
10 cm	70	35	35
10 cm	70	35	35
10 cm	70	35	35
10 cm	70	45	25
10 cm	70	30	40
10 cm	70	35	35
10 cm	75	55	20
10 cm	80	45	35
10 cm	80	40	40
10 cm	80	40	40
10 cm	85	30	50
10 cm	85	40	45
10 cm	85	35	50
10 cm	90	50	40
10 cm	100	50	50
10 cm	100	50	50
10 cm	100	40	60
10 cm	100	60	40
10 cm	100	45	55
10 cm	100	70	30
10 cm	100	50	50
10 cm	100	50	50
10 cm	105	40	65
10 cm	105	50	55
10 cm	110	35	75
10 cm	110	40	70
10 cm	110	35	75
10 cm	115	55	60
10 cm	120	50	70
10 cm	120	50	70
10 cm	120	50	70
10 cm	120	65	55
10 cm	130	50	80
10 cm	130	45	85
10 cm	130	65	65
10 cm	130	40	90
10 cm	135	35	95
10 cm	140	50	90
10 cm	140	40	100
10 cm	140	45	95
10 cm	150	40	110
10 cm	150	50	100
10 cm	150	35	115
10 cm	150	60	90

- Beilage 29 -

Kanton : FR Dicke : 4 cm Belag : AB 16 / AB 16s Anzahl Mes. : 48

Strassen nummer	Verst. jahr	Messung vorher	Messung nachher	Verst. dicke	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
20	1972	1970	1972	4 cm	98	62	36
100	1973	1972	1973	4 cm	77	56	21
100	1973	1972	1973	4 cm	59	46	13
140	1974	1971	1974	4 cm	57	63	-6
351	1974	1973	1974	4 cm	92	78	14
351	1974	1973	1974	4 cm	106	92	14
351	1974	1973	1974	4 cm	67	55	12
100	1975	1974	1975	4 cm	54	41	13
100	1975	1974	1975	4 cm	66	51	15
130	1975	1974	1975	4 cm	51	38	13
130	1975	1974	1975	4 cm	88	74	14
35	1975	1974	1975	4 cm	61	49	12
35	1975	1974	1978	4 cm	50	68	-18
35	1975	1974	1978	4 cm	64	72	-8
90	1975	1974	1978	4 cm	75	86	-11
30	1975	1973	1977	4 cm	55	70	-15
30	1976	1973	1977	4 cm	110	96	14
11	1977	1975	1978	4 cm	135	115	20
11	1977	1975	1978	4 cm	120	69	51
70	1977	1975	1979	4 cm	84	45	39
170	1977	1976	1980	4 cm	100	95	5
220	1978	1977	1981	4 cm	62	36	26
220	1978	1977	1981	4 cm	196	185	11
40	1978	1978	1982	4 cm	133	150	-17
40	1978	1978	1982	4 cm	82	69	13
100	1978	1977	1979	4 cm	77	68	9
100	1978	1977	1979	4 cm	48	38	10
100	1978	1977	1979	4 cm	102	100	2
90	1979	1978	1982	4 cm	47	40	7
				4 cm	58	51	7

Kanton : FR Dicke : 4 cm Belag : AB 16 / AB 16s Anzahl Mes. : 48

Strassen nummer	Verst. jahr	Messung vorher	Messung nachher	Verst. dicke	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
90	1979	1978	1982	4 cm	100	110	-10
35	1980	1978	1982	4 cm	92	75	17
37	1980	1978	1982	4 cm	96	71	25
100	1981	1979	1983	4 cm	69	42	27
100	1981	1979	1983	4 cm	54	51	3
30	1981	1977	1981	4 cm	65	67	-2
30	1981	1977	1981	4 cm	107	68	39
30	1981	1977	1981	4 cm	155	90	65
100	1982	1981	1983	4 cm	80	46	34
100	1982	1981	1983	4 cm	155	98	57
100	1982	1981	1983	4 cm	115	75	40
351	1982	1980	1984	4 cm	33	37	-4
100	1983	1981	1983	4 cm	92	58	34
100	1983	1981	1983	4 cm	130	77	53
100	1983	1981	1983	4 cm	74	68	6
50	1983	1982	1983	4 cm	82	96	-14
50	1983	1982	1983	4 cm	65	65	0
50	1983	1982	1983	4 cm	51	58	-7

- Beilage 30 -

Kanton : FR Dicke : 7 cm Belag : 0/25,AB25u,HMT25s Anzahl Mes. : 67

Strassen nummer	Verst. jahr	Messung vorher	Messung nachher	Verst. dicke	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
200	1977	1976	1980	7 cm	118	60	58
200	1977	1976	1980	7 cm	198	114	84
30	1977	1977	1981	7 cm	118	72	46
32	1978	1977	1981	7 cm	102	72	30
32	1978	1977	1981	7 cm	75	62	13
240	1978	1977	1981	7 cm	260	200	60
240	1978	1977	1981	7 cm	121	88	33
240	1978	1977	1981	7 cm	200	130	70
240	1978	1977	1981	7 cm	160	115	45
13	1978	1975	1979	7 cm	72	63	9
13	1978	1975	1979	7 cm	109	95	14
13	1979	1975	1979	7 cm	200	121	79
30	1979	1977	1981	7 cm	109	61	48
110	1980	1977	1981	7 cm	78	63	15
110	1980	1977	1981	7 cm	122	87	35
12	1981	1979	1983	7 cm	225	130	95
12	1981	1979	1983	7 cm	126	104	22
12	1981	1979	1983	7 cm	188	130	58
181	1982	1981	1984	7 cm	250	165	85
181	1982	1981	1984	7 cm	360	214	146
260	1982	1980	1984	7 cm	131	94	37
260	1982	1980	1984	7 cm	91	80	11
260	1982	1980	1984	7 cm	105	77	28
260	1982	1980	1984	7 cm	165	115	50
260	1982	1980	1984	7 cm	83	72	11
280	1982	1980	1984	7 cm	74	69	5
280	1982	1980	1984	7 cm	180	125	55

Kanton : FR Dicke : 7 cm Belag : 0/25,AB25u,HMT25s Anzahl Mes. : 67

Strassen nummer	Verst. jahr	Messung vorher	Messung nachher	Verst. dicke	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
330	1973	1972	1976	7 cm	94	75	19
330	1973	1972	1976	7 cm	174	121	53
330	1973	1972	1976	7 cm	105	93	12
11	1973	1971	1975	7 cm	165	85	80
11	1973	1971	1975	7 cm	101	72	29
140	1974	1971	1974	7 cm	79	62	17
140	1974	1971	1974	7 cm	126	86	40
140	1974	1971	1974	7 cm	142	115	27
141	1974	1971	1974	7 cm	224	175	49
141	1974	1971	1974	7 cm	122	91	31
141	1974	1971	1974	7 cm	204	157	47
141	1974	1971	1974	7 cm	107	93	14
141	1974	1971	1974	7 cm	152	112	40
50	1974	1971	1974	7 cm	151	104	47
50	1974	1971	1975	7 cm	67	50	17
50	1974	1971	1975	7 cm	124	85	39
50	1974	1971	1975	7 cm	92	59	33
50	1974	1971	1975	7 cm	194	93	101
10	1975	1971	1975	7 cm	182	119	63
10	1975	1971	1975	7 cm	93	71	22
10	1975	1971	1975	7 cm	129	82	47
240	1975	1971	1975	7 cm	118	87	31
141	1975	1974	1978	7 cm	92	84	8
150	1975	1971	1975	7 cm	153	73	80
11	1975	1971	1975	7 cm	78	51	27
11	1975	1971	1975	7 cm	52	32	20
200	1976	1976	1980	7 cm	90	83	7

- Beilage 31 -

Kanton : FR Dicke : 7 cm Belag : 0/25,AB25u,HMT25s Anzahl Mes. : 67

Strassen nummer	Verst. jahr	Messung vorher	Messung nachher	Verst. dicke	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
230	1982	1979	1983	7 cm	78	58	20
230	1982	1979	1983	7 cm	170	100	70
101	1983	1981	1983	7 cm	48	34	14
101	1983	1981	1983	7 cm	51	38	13
101	1983	1981	1983	7 cm	118	78	40
101	1983	1981	1983	7 cm	140	93	47
101	1983	1981	1983	7 cm	200	130	70
101	1983	1981	1983	7 cm	230	160	70
101	1983	1981	1983	7 cm	175	117	58
101	1983	1981	1983	7 cm	180	114	66
101	1983	1981	1983	7 cm	95	75	20
170	1983	1980	1984	7 cm	64	60	4
170	1983	1980	1984	7 cm	130	70	60

Kanton : FR Verst.jahr : 1972
 Belagsdicke : 14 cm Belagstyp : 0/25 (7+7)
 Mes. vorher : 1970 Strasse : 110
 Mes. nachher : 1973 Anzahl Mes.: 126

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
14 cm	25	15	10
14 cm	30	15	15
14 cm	30	25	5
14 cm	30	15	15
14 cm	30	15	15
14 cm	35	15	20
14 cm	35	25	10
14 cm	35	20	15
14 cm	40	20	20
14 cm	40	25	15
14 cm	45	25	20
14 cm	45	20	25
14 cm	50	30	20
14 cm	50	25	25
14 cm	50	25	25
14 cm	55	25	30
14 cm	55	20	35
14 cm	60	20	40
14 cm	60	25	35
14 cm	60	20	40
14 cm	65	25	40
14 cm	65	20	45
14 cm	70	25	45
14 cm	70	20	50
14 cm	70	25	45
14 cm	75	25	50
14 cm	75	30	45
14 cm	75	20	55
14 cm	80	25	55
14 cm	80	30	50
14 cm	80	30	50
14 cm	85	25	60
14 cm	90	20	70
14 cm	90	25	65
14 cm	100	25	75
14 cm	100	30	70
14 cm	100	30	70
14 cm	105	30	75
14 cm	110	25	85
14 cm	110	25	85
14 cm	110	25	85
14 cm	115	30	80
14 cm	115	30	85
14 cm	115	35	80

- Beilage 32 -

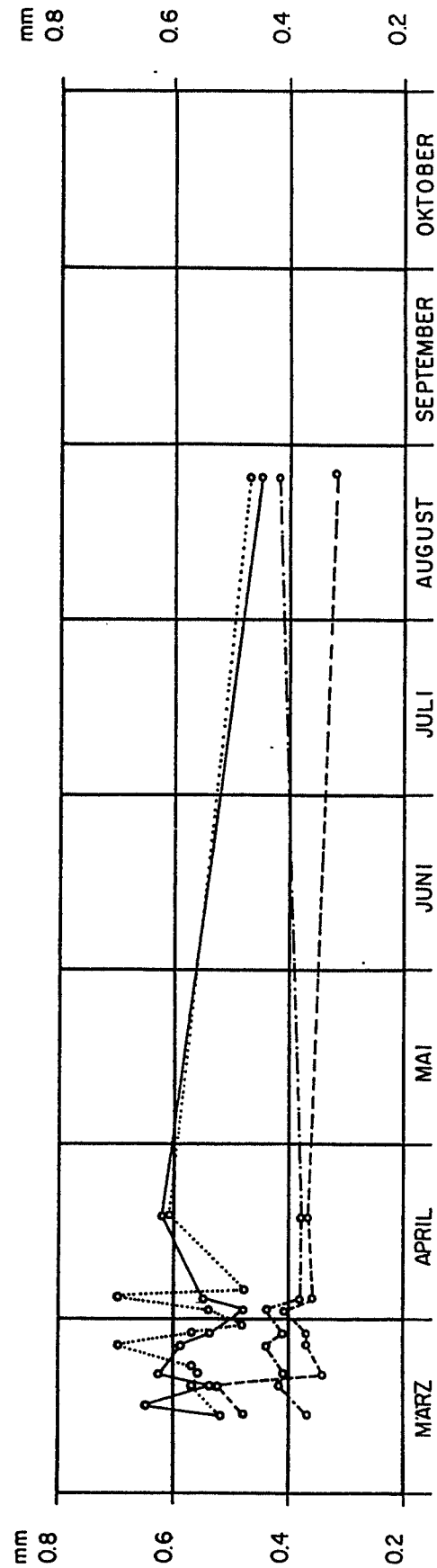
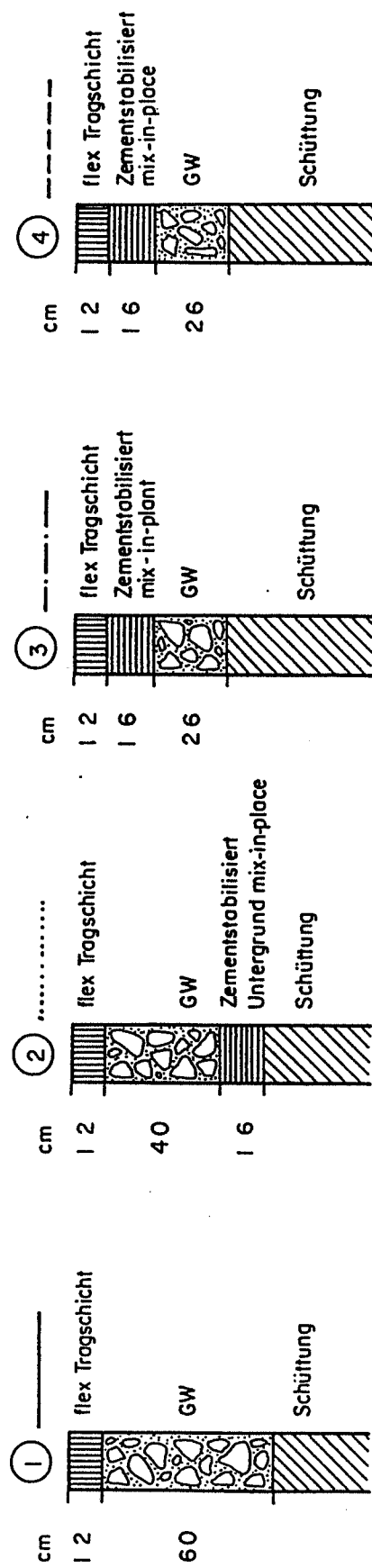
Kanton	: FR	Verst.jahr : 1972
Belagsdicke	: 14 cm	Belagstyp : 0/25 (7+7)
Mes. vorher	: 1970	Strasse : 110
Mes. nachher	: 1973	Anzahl Mes.: 126

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
14 cm	120	25	95
14 cm	120	40	80
14 cm	120	35	85
14 cm	120	40	80
14 cm	125	25	100
14 cm	125	25	100
14 cm	130	30	100
14 cm	135	35	100
14 cm	135	40	95
14 cm	140	30	110
14 cm	140	30	110
14 cm	145	40	105
14 cm	145	45	100
14 cm	150	35	115
14 cm	150	50	100
14 cm	150	50	100
14 cm	155	30	125
14 cm	155	50	105
14 cm	160	35	125
14 cm	160	40	120
14 cm	160	50	110
14 cm	165	40	125
14 cm	170	30	140
14 cm	170	45	125
14 cm	175	40	135
14 cm	175	60	115
14 cm	180	40	135
14 cm	180	50	130
14 cm	180	50	130
14 cm	190	40	150
14 cm	195	50	145
14 cm	200	40	160
14 cm	200	25	175
14 cm	200	30	170
14 cm	200	35	165
14 cm	200	40	160
14 cm	200	45	155
14 cm	200	50	150
14 cm	205	50	155
14 cm	210	50	160
14 cm	210	40	170
14 cm	210	55	155
14 cm	210	55	155
14 cm	215	45	170

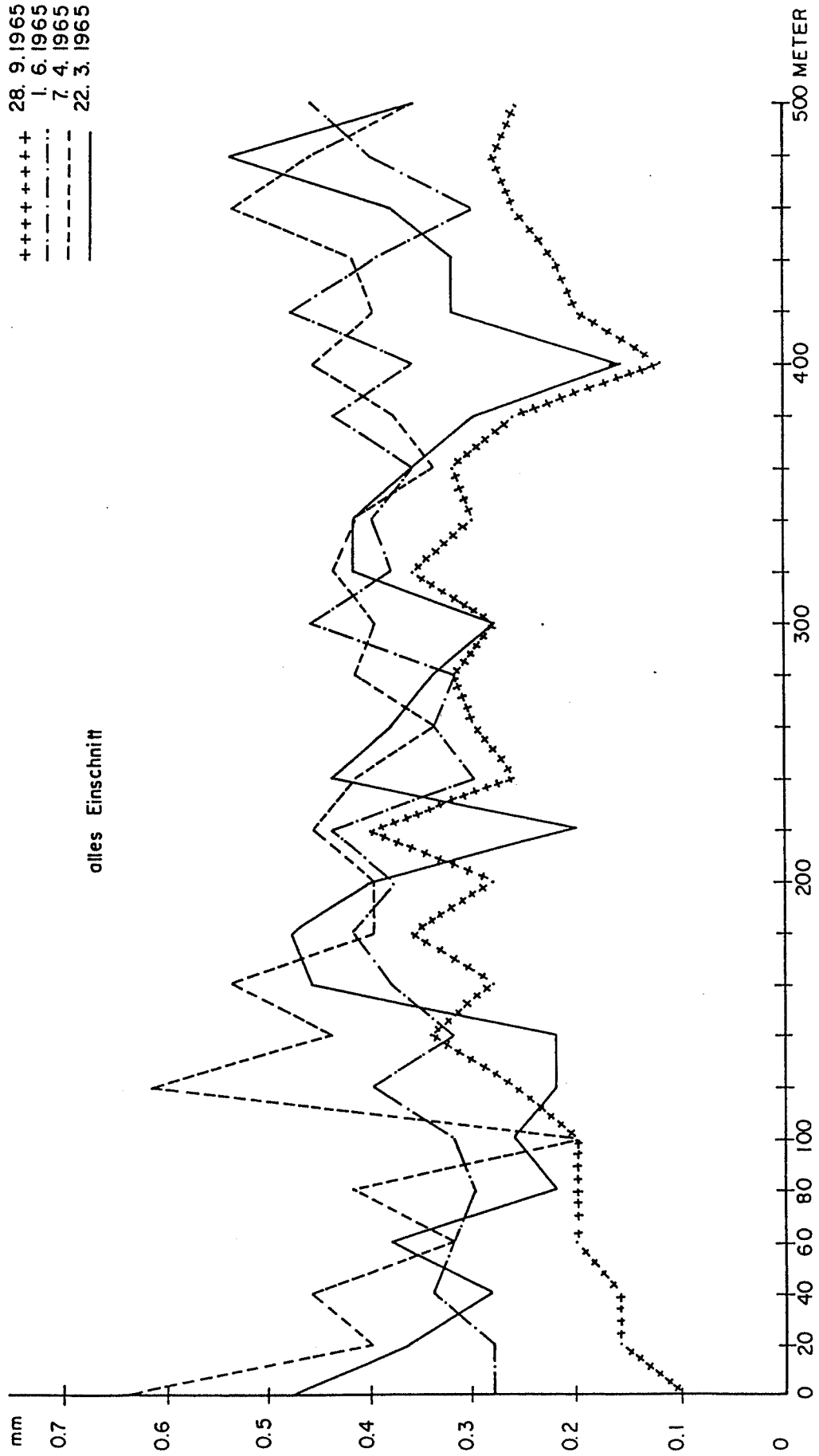
Kanton	: FR	Verst.jahr : 1972
Belagsdicke	: 14 cm	Belagstyp : 0/25 (7+7)
Mes. vorher	: 1970	Strasse : 110
Mes. nachher	: 1973	Anzahl Mes.: 126

Dicke der Verstärkung	Deflektion vor Verstärkung	Deflektion nach Verstärkung	Delta_Def vor/nachher
14 cm	215	45	170
14 cm	220	50	170
14 cm	220	35	185
14 cm	220	50	170
14 cm	220	50	170
14 cm	225	50	175
14 cm	225	50	175
14 cm	230	45	185
14 cm	235	45	195
14 cm	240	40	190
14 cm	240	35	205
14 cm	245	50	195
14 cm	245	40	205
14 cm	245	30	215
14 cm	250	60	190
14 cm	255	55	200
14 cm	270	55	215
14 cm	280	65	205
14 cm	280	45	235
14 cm	285	55	225
14 cm	290	70	215
14 cm	300	35	255
14 cm	305	60	240
14 cm	310	55	245
14 cm	310	55	255
14 cm	330	60	250
14 cm	350	65	265
14 cm	360	60	290
14 cm		65	295

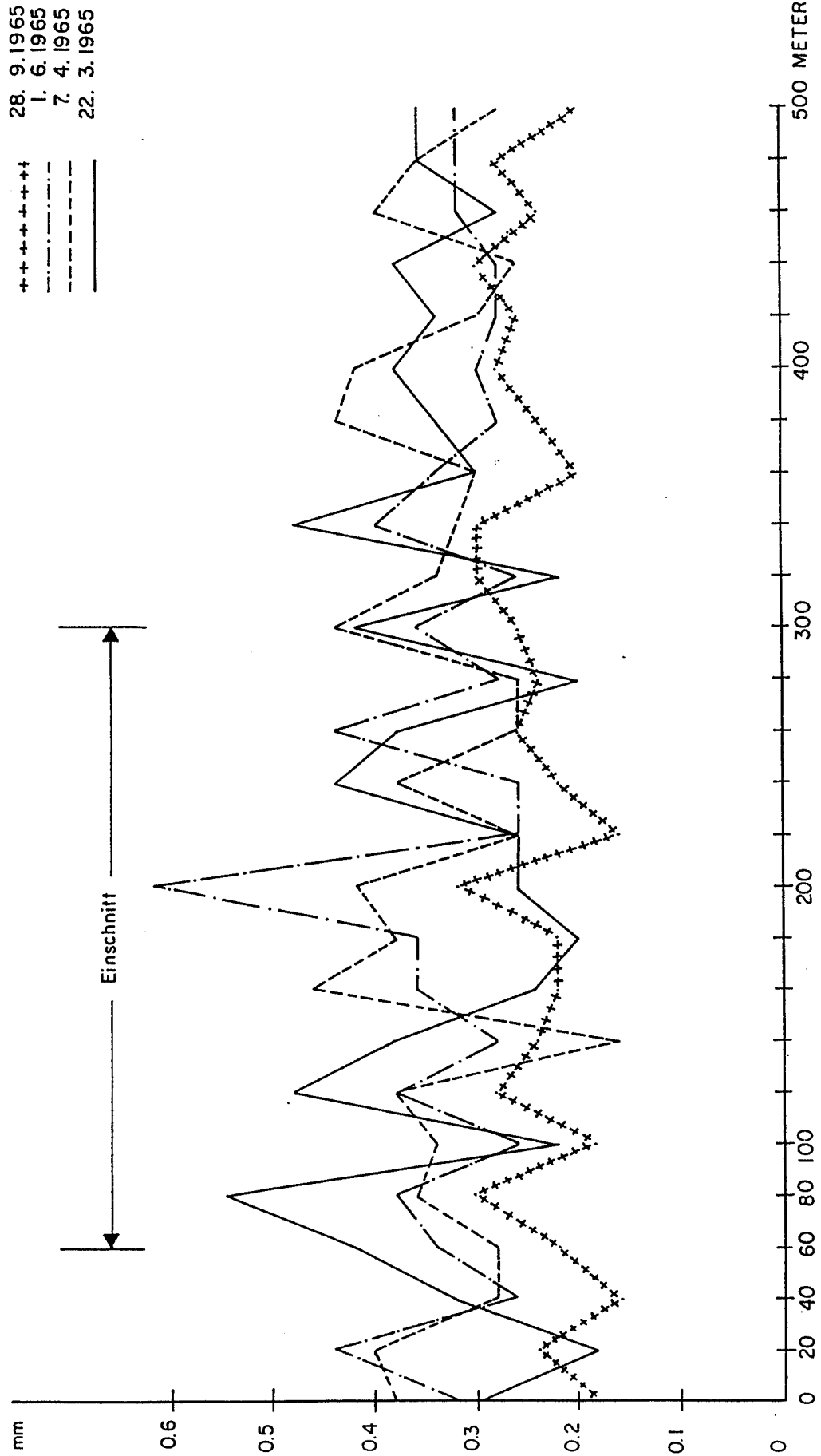
Mittelwerte der Deflektionsmessungen für die 4 Messstrecken Auftauperiode 1963 Grauholzstrasse Saisonmässiger Verlauf



N I Grauholz Km 27.700 - 28.200 Örtliche Änderungen der Deflektionen 1965
2.Strecke



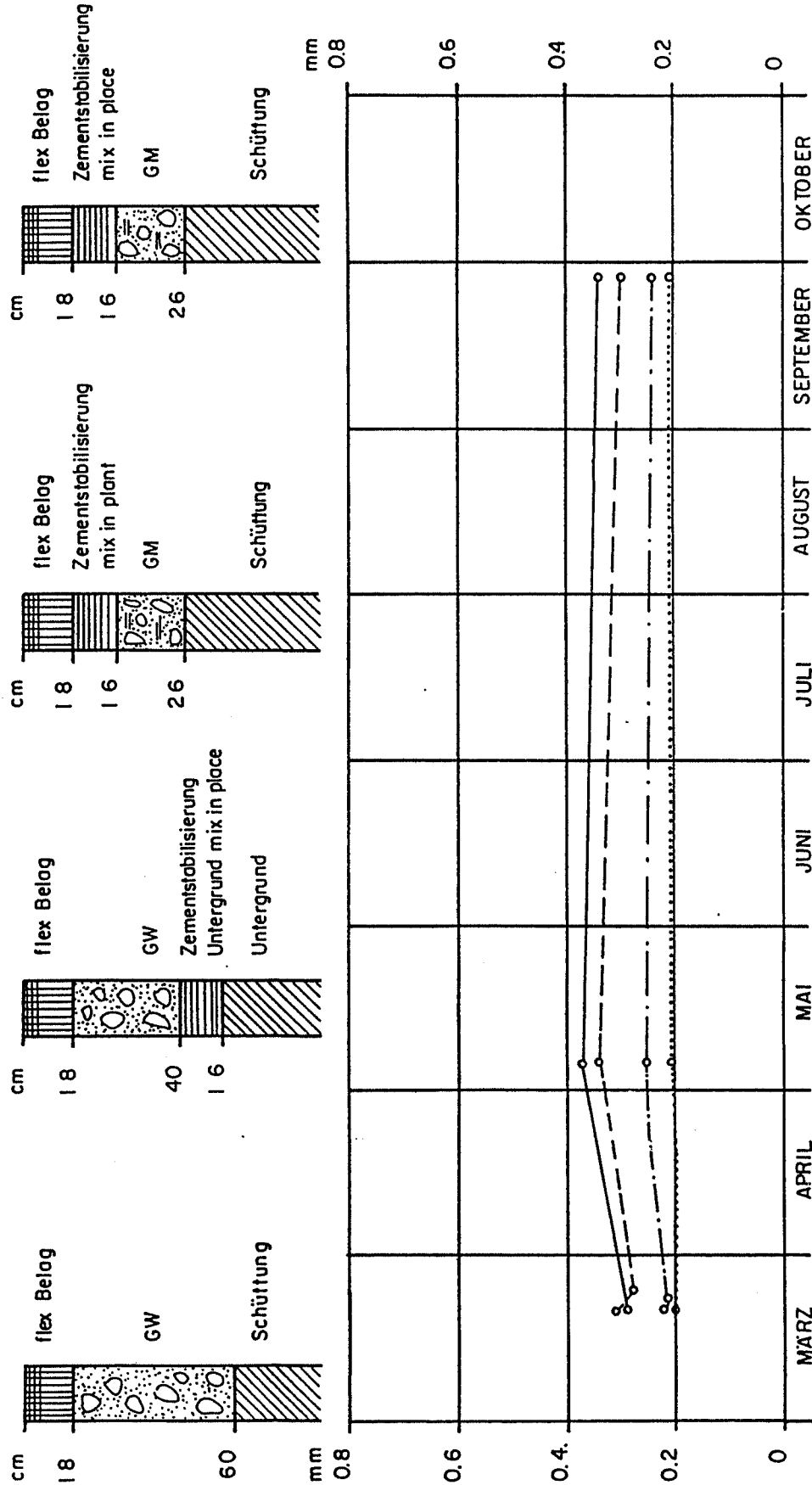
N I Grauholz Km 28.500-29.000 Örtliche Änderungen der Deflektionen 1965 3. Strecke



Deflektionsmessungen NI Grauholz Auftauperiode 1966

Belagsaufbau { 3cm AB 10 } 1-4
 { 3cm AB 16 }
 { 12cm HMT }

④ ③ --- ② --- ① ---



N I Grauholz KM 26.000 - 26.500 Örtliche Änderungen der Deflektionen 1966 I.Strecke

