

UNTERSUCHUNG VON BELAEGEN
AUF SPIKES-RESISTENZ

FORSCHUNGSauftrag 7/71 - 24/74

VSS-KOMMISSION 5:
BELAEGE

MATHIAS BLUMER, DIPL. ING. ETH
HERBERT GRUENBAUM, DIPL. ING. ETH

APRIL 1980

Vorwort

Der vorliegende Forschungsauftrag ist aus dem Bemühen entstanden, der zerstörerischen Wirkung von Spikesreifen gezielte Massnahmen belagstechnischer Art entgegen zu setzen.

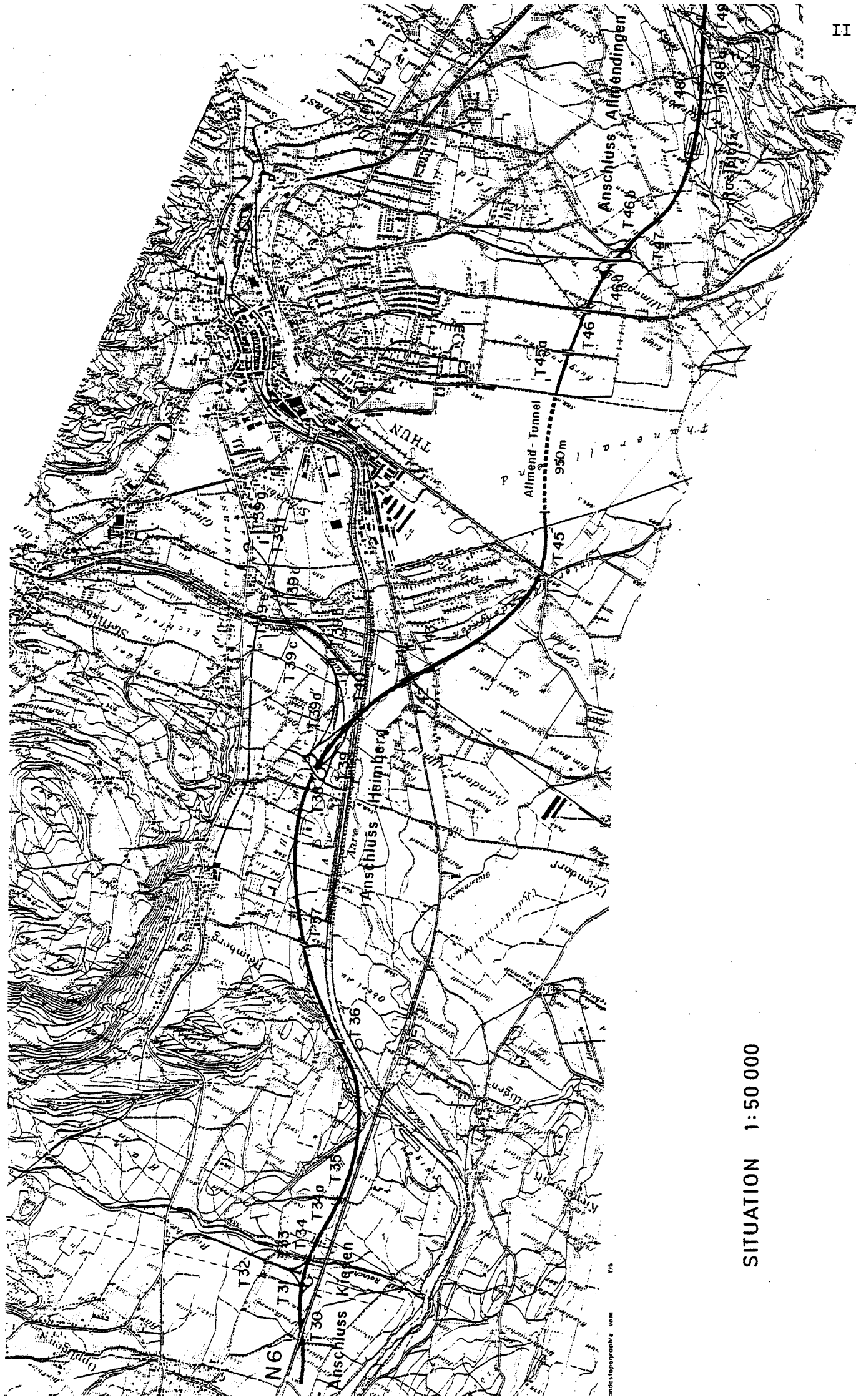
Inzwischen sind die Spikesreifen fast vollständig aus dem Strassenbild verschwunden. Trotzdem ist der nachstehende Forschungsbericht nicht nur "historisch" zu werten. Vergleichende Untersuchungen verschiedener Beläge werden für den Strassenbauer immer aufschlussreich sein. Da das Forschungsziel "Untersuchung von Belägen auf Spikes-Resistenz" einerseits durch Griffigkeitsmessungen flankiert wurde, die Bestimmung der Dickenänderungen der Beläge andererseits Aufschluss über deren plastische Verformung gab, konnten mit diesem Forschungsauftrag die Beurteilung einer Reihe von Belägen nach drei verschiedenen Kriterien vorgenommen werden. Damit ist die Aktualität dieser Untersuchungen gewahrt.

Bei der Abfassung des Forschungsberichtes wurde besonderer Wert darauf gelegt, von dem sehr umfangreichen Zahlenmaterial nur das zum Verständnis der Schlussfolgerungen notwendige zu bringen. Einen wesentlichen Anteil an dieser "Konzentrationsübung" hatte unser Mitarbeiter, Ingenieur Werner Studer, dem an dieser Stelle hierfür unser bester Dank ausgesprochen sei.

Thun, April 1980

M. Blumer

H. Grünbaum



SITUATION 1: 50 000

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
<u>A. Forschungsprogramm</u>	
1. Vorgeschichte	1
2. Belagsvarianten	2
3. Baustoffe	3
4. Zielsetzung	4
5. Versuchsabschnitte	4
6. Versuchsstrecken	5
7. Untersuchungsprogramm	10
 <u>B. Verkehrserhebungen</u>	
8. Grundlagen und Annahmen	13
9. Zählungen in den Versuchsabschnitten	13
10. Verkehrsbeanspruchung der Versuchsstrecken	16
 <u>C. Materialuntersuchungen</u>	
11. Splitte	19
12. Bituminöses Mischgut	20
13. Versuchsbeläge	35
 <u>D. Messung der Dickenänderungen</u>	
14. Permascope-Messungen	37
15. Bolzen-Messungen	47
16. Planums-Aufnahmen	47
 <u>E. Griffigkeitsmessungen</u>	
17. SRT-Messungen	48
18. Skiddometer-Messungen	53

F. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

19. Umrechnung der Dickenänderungen auf einheitliche Verkehrsbelastungen	57
20. Die Dickenänderungen infolge Spikesreifen- Beanspruchung	59
21. Die Dickenänderungen infolge Verformung	60
22. Evaluation der Versuchsbeläge	62
23. Zusammenfassung	67

G. Literatur 70

A. Forschungsprogramm

1. Vorgeschichte

Mit Stahlstiften versehene Autoreifen - sogenannte Spikesreifen - wurden anfangs der 60er Jahre in Verkehr gebracht mit dem Ziel, beim Fahren auf eis- oder schneebedeckter Fahrbahn die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

Die Ausrüstung von leichten Motorwagen mit Spikesreifen wurde durch Kreisreiben des Eidg. Justiz- und Polizeidepartements (EJPD) vom 29. August 1963 auf Zusehen hin gestattet. Die Benützungsfrist wurde ursprünglich auf 5 Monate - 1. November bis 31. März - festgelegt, 1965 dann auf 6 1/2 Monate und 1969 sogar auf 7 Monate - 1. Oktober bis 30. April - ausgedehnt.

Bereits nach dem ersten Winter zeigte sich, dass die Stahlstifte Beschädigungen an Belägen und Markierungen hervorriefen. Im darauffolgenden Winter 1964/65 nahmen die Schäden bereits ein derartiges Ausmass an, dass sich die VSS-Kommission 5: Beläge veranlasst sah, bei kantonalen und städtischen Tiefbauämtern Erhebungen über Art und Umfang der Schäden durchzuführen. Aufgrund der Ergebnisse der periodisch durchgeführten Umfragen wurden dem EJPD von der VSS zu verschiedenen Malen Anträge gestellt, um die Beanspruchung der Beläge durch Spikesreifen zu verringern. Diese Anträge fanden zunächst kein Gehör, doch führte der zähe Kampf der VSS-Kommission 5 schliesslich zum Erfolg. Im Herbst 1971 wurde die Benützungsdauer der Spikesreifen drastisch gekürzt: Zunächst von 7 auf 4 Monate; einige Jahre später wurde sie dann auf 5 Monate festgelegt. Gleichzeitig wurde eine Geschwindigkeitsbegrenzung für spikesbereifte Fahrzeuge eingeführt: Im Winter 1971/72 auf 90 km/h, vom darauffolgenden Jahr an auf 80 km/h. Mit Verfügung vom September 1975 wurden ausserdem spikesbereifte Fahrzeuge auf Autobahnen nicht mehr zugelassen.

Die VSS beschränkte sich aber nicht nur darauf, den Behörden den Nachweis der nachteiligen Wirkung der Spikesreifen zu erbringen und sie damit zu veranlassen, die Spikes-Beanspruchung der Beläge durch entsprechende Massnahmen zu verringern. Sie liess es sich auch angelegen sein herauszufinden,

auf welche Weise man den Belägen einen erhöhten Widerstand gegenüber der Beanspruchung durch Spikesreifen verleihen könnte. Diese Aufgabenstellung führte - unter anderem - zur Zielsetzung für den vorliegenden Forschungsauftrag, mit dem untersucht werden sollte, mit welchen Massnahmen die Verschleissfestigkeit bituminöser Beläge erhöht werden könne; hierbei war gleichzeitig zu prüfen, ob derartige Massnahmen nicht zu einer unerwünschten Verminderung der Griffigkeit führen würden.

2. Belagsvarianten

Zur Untersuchung von Belägen auf Spikes-Resistenz waren im Forschungsantrag 11 Belagsvarianten vorgesehen. Dieses Programm wurde später um 4 weitere Varianten ergänzt:

01. AB 10 nach SNV 40 432a
02. AB 10 modifiziert (niedriger HR)
03. AB 10 nach SNV 40 432a: Felsgebrochenes Hartgestein
04. AB 10 nach SNV 40 432a: Mischung Hartgestein-Moränematerial
05. AB 10 mit Trinidad-Zusatz
06. AB 16 nach SNV 40 432a
07. AB 16 modifiziert (niedriger HR)
08. AB 16 nach SNV 40 432a: Felsgebrochenes Hartgestein
09. AB 16 nach SNV 40 432a: Mischung Hartgestein-Moränematerial
10. AB 16 mit Trinidad-Zusatz
11. Hot Rolled Asphalt mit Trinidad und vorumhülltem Splitt 10/16
12. AB 10 modifiziert mit Trinidad-Zusatz (niedriger HR)
13. AB 6 nach SNV 40 432a
14. AB 6 mit 2% Lonsicar 3/6
15. AB 6 mit 6% Lonsicar 3/6

Von diesen 15 Belagsvarianten wurden 12 effektiv ausgeführt. Die Variante 10 wurde durch Variante 12 ersetzt. Die beiden Varianten 03 und 04 kamen wegen Verzögerungen im Einbauprogramm nicht mehr zur Ausführung.

Die Varianten 06, 01 und 13 sind als Referenzbeläge zu betrachten, d.h. sie gelten als Basis für den Vergleich mit den anderen AB 16-, AB 10- und AB 6-Belägen. Die Variante 06 wurde dreimal, die Variante 01 zweimal ausgeführt.

Die Belagsvariante 07 wurde ebenfalls zweimal eingebaut, weil bei der ersten Ausführung die Mischgut-Zusammensetzung nicht der Rezeptur entsprach, die für diesen modifizierten AB 16 einen erhöhten Filler- und Bindemittelgehalt vorsah. Der Versuch wurde daher auf einer anderen Strecke wiederholt.

3. Baustoffe

Bei der Ausführung der vorgenannten Belagsvarianten wurden die folgenden Baustoffe verwendet:

3.1 Bindemittel

- Bitumen B 80/100 für alle Beläge ausser für den
Hot Rolled Asphalt
- Bitumen 180/220 für den Hot Rolled Asphalt

3.2 Splitte

- Splitte 10/16, 6/10, 3/6 (Hartgestein): Steinbruch Balmholz
- Splitte 10/16, 6/10, 3/6 (Moränemat.) : Kieswerk Kanderkies
- Splitte 10/16, 6/10, 3/6 " : Kiesgrube Bümberg

3.3 Sande

- Brechsand 0.2/3 gew. (Hartgestein): Steinbruch Balmholz
- Brechsand 0.2/4 gew. (Moränemat.) : Kieswerk Rubigen
- Brechsand 0/3 ung. " : Kieswerk Kanderkies
- Brechsand 0/4 ung. " : Kieswerk Steinigand
- Brechsand 0/4 ung. " : Kiesgrube Bümberg
- Rund-Brech-S. 0/4 gew. " : Kiesgrube Bümberg
- Rundsand 0/4 gew. " : Kiesgrube Bümberg
- Rundsand 0/4 gew. " : Kieswerk Kanderkies

3.4 Filler

- Industriefiller aus dem Steinbruch Balmholz wurde allen AB 16- und AB 10-Belägen sowie dem Hot Rolled Asphalt zugegeben.

3.5 Zusätze

- Trinidad in Form von Trinidad-Pulver 50/50 als Zusatz zu AB-Belägen und dem Hot Rolled Asphalt.
- Lonsicar (Siliciumcarbid) der Korngrösse 3/6 als Zusatz zu AB 6-Belägen.

4. Zielsetzung

Die Wahl der verschiedenen Belagsvarianten erfolgte mit dem Ziel, durch vergleichende Untersuchungen der durch Spikesreifen beanspruchten Beläge die folgenden Einflussfaktoren zu ermitteln:

- Maximale Korngrösse
- Mineral-Qualität (Hartgestein-Moränematerial)
- Erniedrigung des Hohlraumgehaltes (modifizierte AB)
- Trinidad-Zusatz
- Lonsicar-Zusatz

Ausserdem sollte ein Hot Rolled Asphalt mit unseren AB-Belägen verglichen werden.

Die Vergleiche mit den Referenzbelägen und untereinander lassen sich teilweise kombinieren. Andererseits wurde durch das Fortfallen der Varianten 03 und 04 der Einfluss der Mineral-Qualität nur bei AB 16-Belägen und durch das Weglassen der Variante 10 der Einfluss des Trinidad-Zusatzes nur bei AB 10-Belägen untersucht.

5. Versuchsabschnitte

Für die Versuche wurden Zufahrten zur Autobahn N6/ N8 im Raume Thun ausgewählt. Im Einverständnis mit dem Autobahnamt des Kantons Bern wurden drei Versuchsabschnitte festgelegt:

- K: Anschluss Kiesen einschliesslich neu ausgebautes Teilstück der T6 bei Oppligen (Hauptstrasse Bern - Thun)
- H: Anschluss Heimberg (Thun-Nord) einschliesslich Verbindungsstrasse zur T6 in Steffisburg
- A: Anschluss Allmendingen (Thun-Süd) einschliesslich Weststrasse in Thun

6. Versuchsstrecken

In einem provisorischen Programm vom April 1970 waren 6 - 8 Versuchsstrecken in Aussicht genommen worden. Der Antrag zur Gewährung des Forschungskredites vom 10. August 1970 umfasste 14 Versuchsstrecken, da sich aus den Diskussionen in der VSS-Kommission 5 eine Reihe von Vorschlägen ergab, welche berücksichtigt wurden. Im Laufe der Durchführung des Forschungsauftrages wurden auf Wunsch des Autobahnamtes des Kantons Bern sowohl örtliche Verschiebungen von Versuchsstrecken in den Anschlüssen Kiesen und Heimberg vorgenommen, als auch weitere Belagsvarianten in das Programm eingeführt, welches damit auf 20 Versuchsstrecken anwuchs. Von diesen wurden jedoch dann 4 nicht ausgeführt, 3 davon - AB 10-Beläge im Anschluss Heimberg - aus zeitlichen Gründen. Definitiv wurden also 16 Versuchsstrecken eingebaut, die sich auf die 3 Abschnitte wie folgt verteilen:

Abschnitt Kiesen	:	9	Versuchsstrecken
Abschnitt Heimberg	:	3	"
Abschnitt Allmendingen:		<u>4</u>	"
Total			16 Versuchsstrecken

Der Einbau der Strecken erfolgte in Abhängigkeit des Bauprogramms für die 3 Anschlüsse. Dies hatte zur Folge, dass die Versuchsstrecken in drei Etappen ausgeführt wurden:

1. Einbau Sept. 1970: Abschn. Allmendingen: 4 Versuchsstrecken
Abschn. Kiesen : 1 "
2. Einbau Mai 1971: Abschn. Kiesen : 8 "
3. Einbau Mai 1973: Abschn. Heimberg : 3 "

Die zeitlichen Verschiebungen, besonders der stark verspätete Einbau im Abschnitt Heimberg, haben die Auswertung der Messergebnisse erheblich erschwert.

Eine Zusammenstellung der Versuchsstrecken wurde in Tabelle 1 vorgenommen. Die Lage der Strecken ist aus den Abbildungen 1 - 3 ersichtlich.

Tabelle 1: Versuchsstrecken

Code				Belag			Ausführung	
Versuchs Nr.	Abschnitt	Belags- variante	Sorte	Charakteristik	Dicke ca.	Länge ca.	Datum	
1	K	01	AB 10	nach SNV 40 432a	3 cm	65 m	Mai 1971	
2	K	10	AB 16	mit Trinidad-Zusatz	-	-	nicht ausg.	
3	K	05	AB 10	mit Trinidad-Zusatz	3	160	Mai 1971	
4	K	11	HRA	mit Trinidad + vorumhülltem Splitt 10/16	4	370	Sept. 1970	
5	H	01	AB 10	nach SNV 40 432a: Moränematerial	-	-	nicht ausg.	
6	H	06	AB 16	nach SNV 40 432a: Moränematerial	4	100	Mai 1973	
7	H	04	AB 10	nach SNV 40 432a: Misch. Hartgestein-Moränemat.	-	-	nicht ausg.	
8	H	09	AB 16	nach SNV 40 432a: Misch. Hartgestein-Moränemat.	4	100	Mai 1973	
9	H	03	AB 10	nach SNV 40 432a: Hartgestein	-	-	nicht ausg.	
10	H	08	AB 16	nach SNV 40 432a: Hartgestein	4	100	Mai 1973	
11	A	01	AB 10	nach SNV 40 432a	3	100	Sept. 1970	
12	A	02	AB 10	modifiziert (niedriger HR)	3	100	Sept. 1970	
13	A	07	AB 16	modifiziert (niedriger HR)	4	100	Sept. 1970	
14	A	06	AB 16	nach SNV 40 432a	4	100	Sept. 1970	
15	K	12	AB 10	modifiziert mit Trinidad-Zusatz (niedr. HR)	3	160	Mai 1971	
16	K	06	AB 16	nach SNV 40 432a	4	85	Mai 1971	
17	K	07	AB 16	modifiziert (niedriger HR)	4	95	Mai 1971	
18	K	13	AB 6	nach SNV 40 432a	1.5	100	Mai 1971	
19	K	14	AB 6	mit 2% Lonsicar 3/6	1.5	100	Mai 1971	
20	K	15	AB 6	mit 6% Lonsicar 3/6	1.5	100	Mai 1971	

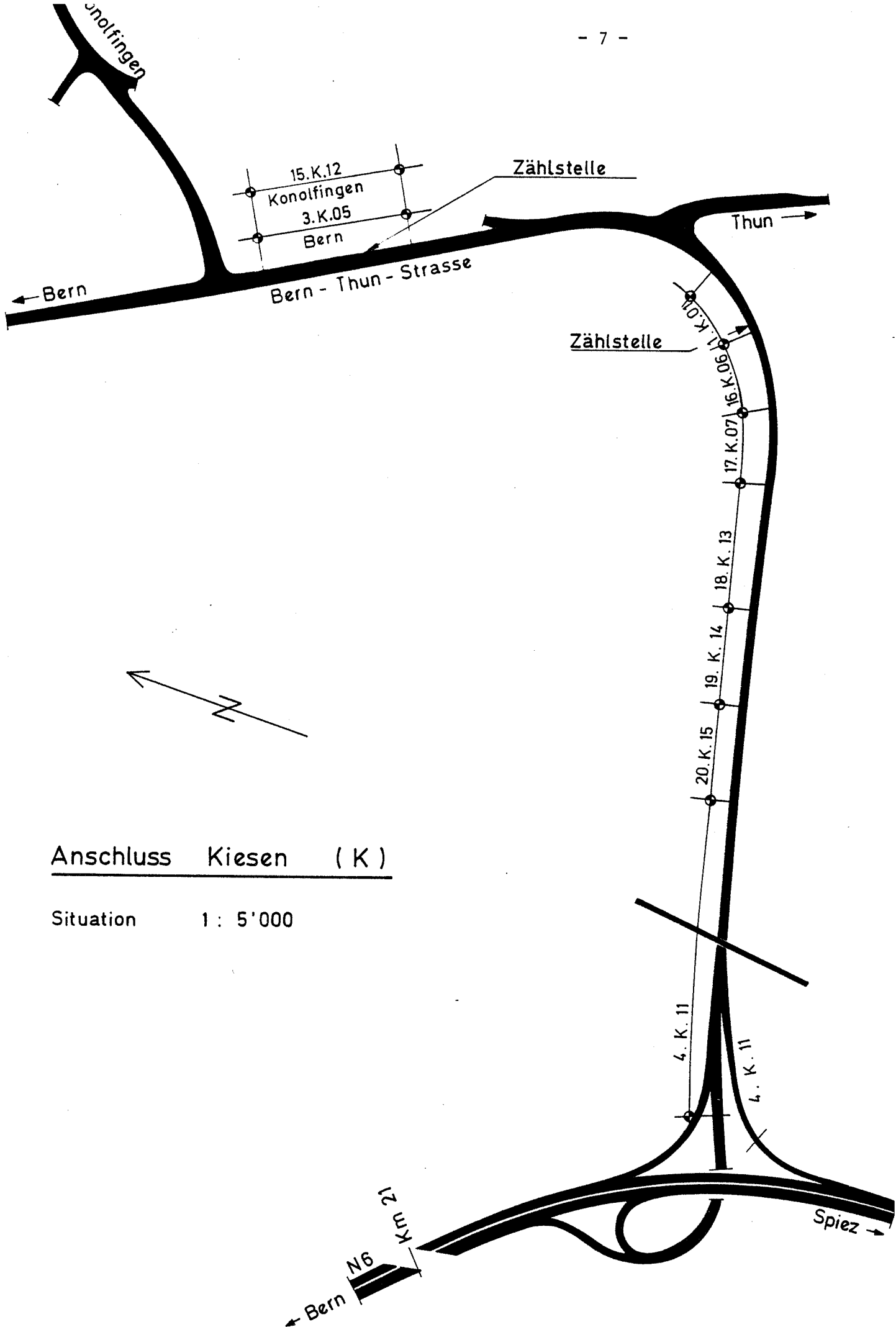


Abb. 1

Anschluss
Heimberg (H)

Situation 1: 2' 500

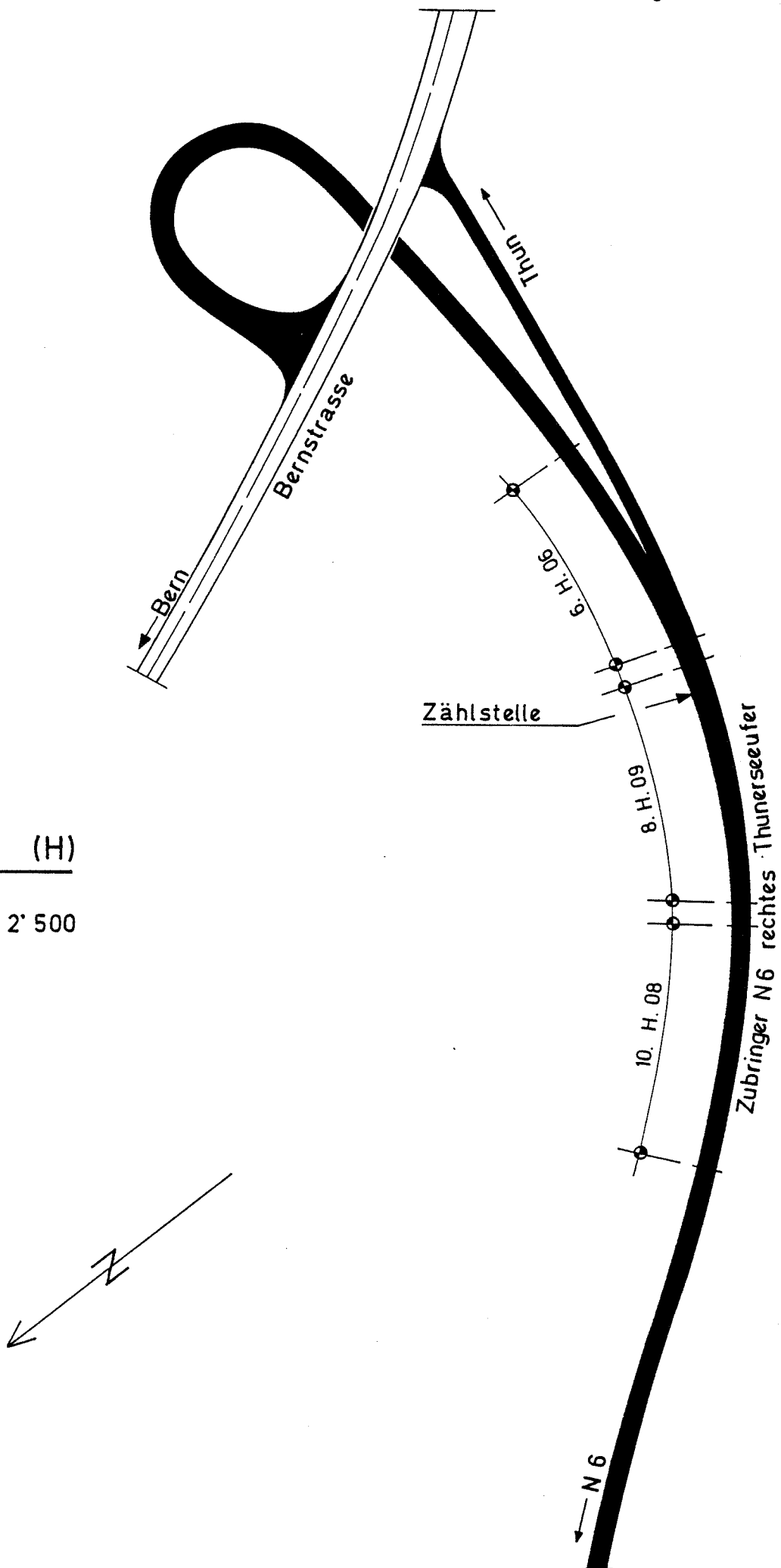
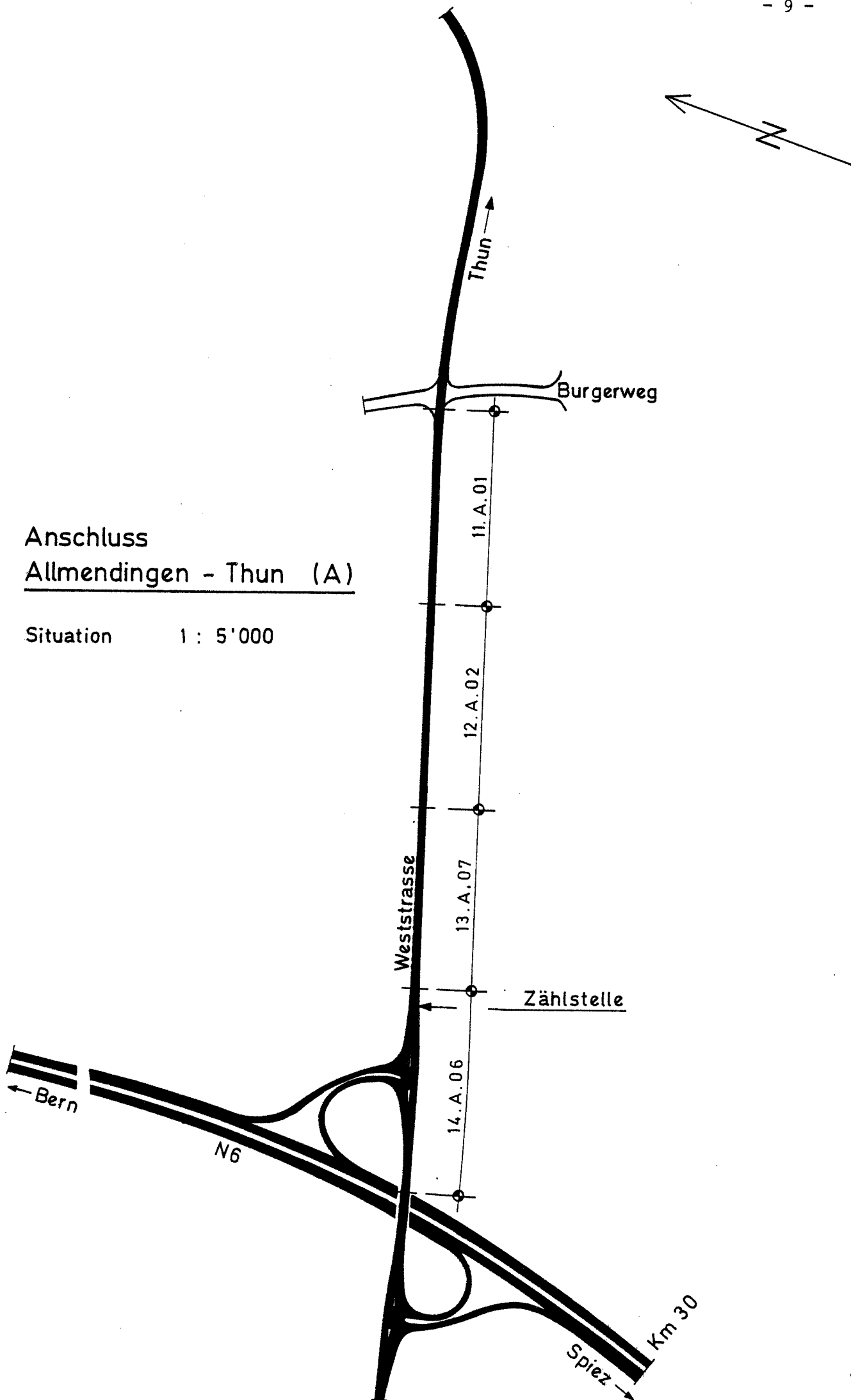


Abb. 2



Anschluss
Allmendingen - Thun (A)

Situation 1 : 5'000

Abb. 3

7. Untersuchungsprogramm

7.1 Verkehrserhebungen

Um das Ausmass der Verkehrsbeanspruchungen zu ermitteln, wurden in den Jahren 1972, 1973 und 1974 jeweils Verkehrserhebungen an 2 Tagen im Februar vorgenommen. In den beiden ersten Jahren erfolgten die Erhebungen an 3 Zählstellen: Eine im Abschnitt Allmendingen (Weststrasse), zwei im Abschnitt Kiesen (Zubringer Kiesen und Bernstrasse). Im 1974 wurden die Erhebungen durch eine Zählstelle im Abschnitt Heimberg (Zubringer Thun-Nord) erweitert. Die Erhebungen wurden durch das Labor Frutiger Söhne AG vorgenommen.

7.2 Materialuntersuchungen

7.21 Splitte:

- Zertrümmerungsgrad einschl. Petrographie und Kornform
Untersuchung durch EMPA Dübendorf.
- Los-Angeles-Versuch
Untersuchung durch "Laboratoire d'essai des Matériaux Pierreux (LMP)" EPFL.
- Polierfähigkeit
Untersuchung durch "Institut für Strassen- und Untertagbau (ISETH)", ETHZ.

7.22 Bituminöses Mischgut:

- Kornverteilung, Füllergehalt, Bindemittelgehalt
- Hohlraumgehalt Marshall, Hohlraumfüllungsgrad
- Marshall-Versuch: Stabilität, Fließen, Steifigkeit
Untersuchungen durch Labor Frutiger Söhne AG jeweils anlässlich Aufbereitung des Mischgutes.

7.23 Beläge:

- Hohlraumgehalt Bohrkern
Untersuchung durch Labor Frutiger Söhne AG kurz nach dem jeweiligen Belagseinbau sowie nach Abschluss aller Versuche im Herbst 1974.
- Verdichtungsgrad
Berechnung durch Labor Frutiger Söhne AG kurz nach dem jeweiligen Belagseinbau.

7.3 Messung der Dickenänderungen

Die periodische Messung der Dickenänderungen ist die wichtigste Untersuchung des Forschungsauftrages. Die Messungen erfolgten jeweils über das ganze Querprofil. Insgesamt wurden 7 Messkampagnen durchgeführt: In den Jahren 1971, 1972, 1973 je eine im Frühjahr und Herbst; zum Abschluss eine im Frühjahr 1974. Die Versuchsstrecken im Abschnitt Heimberg konnten wegen des verspäteten Belagseinbaus jedoch nur bei den 3 letzten Messkampagnen miteinbezogen werden.

Die Messungen erfolgten nach zwei Verfahren:

7.31 Permascope-Verfahren:

Permanent-magnetische Dickenmessung mit dem Gerät PERMASCOPE EC, wobei vor dem Einbau der Verschleisschicht auf die Unterschicht verlegte Stahlplatten als Gegenpol dienen. Pro Versuchsstrecke wurden 3 Messprofile angelegt.

Messungen durch Labor Frutiger Söhne AG.

7.32 Bolzen-Verfahren:

Direkt Messung der Dickenänderung, wobei in den Belag eingelassene Bolzen, System ISETH, als Messbasis dienen. Zusätzlich zu den Bolzenmessungen erfolgten Planumsaufnahmen. Pro Versuchsstrecke wurde 1 Messprofil angelegt.

Messungen durch "Institut für Strassen- und Untertagbau (ISETH)", ETHZ.

7.4 Griffigkeitsmessungen

Um zu überprüfen, ob erhöhte Spikes-Resistenz möglicherweise verminderte Griffigkeit zur Folge haben könnte, wurden Griffigkeitsmessungen vorgenommen.

Die Messungen erfolgten nach zwei Verfahren:

7.41 SRT-Verfahren:

Mit dem SRT-Pendel wurden die SRT-Werte in jeder Fahrtrichtung in zwei Längszonen ermittelt. Es wurden 6 Messkampagnen durchgeführt: Die erste im Herbst 1971, dann in den Jahren 1972 und 1973 je eine im Frühjahr und Herbst sowie zum Abschluss eine im Frühjahr 1974. Bei den beiden letzten Messkampagnen wurden auch die Versuchsstrecken im Abschnitt Heimberg miteinbezogen.

Messungen durch das Labor des Kantonalen Autobahnamtes Bern.

7.42 Skiddometer-Verfahren:

Mit dem Skiddometer wurden Messungen jeweils nur in einer Fahrtrichtung bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h und 80 km/h vorgenommen. Es wurden 4 Messkampagnen durchgeführt: Je eine in den Jahren 1971 - 1974. Die Versuchsstrecken im Abschnitt Heimberg wurden nicht in die Messungen miteinbezogen.

Messungen durch "Institut für Strassen- und Untertagbau (ISETH)", ETHZ.

B. Verkehrserhebungen

8. Grundlagen und Annahmen

Eine möglichst gute Erfassung der Verkehrsmengen ist die Grundlage zur Auswertung von Untersuchungen über die Einflüsse der Verkehrsbelastung.

Zur Differenzierung der Wirkung von Spikesreifen wurden die Verkehrszählungen im Winter durchgeführt. Damit ergaben sich die folgenden drei Zählperioden:

1. Eröffnung der N6 im Juni 1971 - 15. März 1972;
Zählungen am 20. und 22. Februar 1972.
2. 16. März 1972 - 15. März 1973;
Zählungen am 18. und 20. Februar 1973.
3. 16. März 1973 - 17. März 1974;
Zählungen am 21. und 24. Februar 1974.

Der 15. bzw. 17. März wurde als Abgrenzungsdatum gewählt, weil die Benützung von Spikesreifen jeweils vom 15. November bis 15. März gestattet war. Somit unterteilten sich die Zählperioden in:

- Sommer: Eröffnung, bzw. 16. März - 14. November
- Winter: 15. November - 15. März.

Ausserdem wurde angenommen, dass die Verkehrsmengen an den Zähltagen - jeweils ein Sonntag und ein Werktag - für die ganze Zählperiode repräsentativ seien. Die Sonntage mussten separat behandelt werden, weil in der Region Oberland ein ausgesprochener Wochenendverkehr auftritt.

9. Zählungen in den Versuchsabschnitten

In den nachfolgenden Tabellen 2 - 5 sind die Resultate der Zählungen in den einzelnen Abschnitten aufgeführt; hierbei weist der Anschluss Kiesen 2 Zählstellen auf. Die Anzahl der Autos mit Spikes ist zahlenmässig und in Prozenten festgehalten.

Auch in Prozenten aufgeführt ist die Anzahl aller Fahrzeuge pro Zähltag im Verhältnis zur registrierten Zahl der automatischen Zählschwelle Nr. 95 im Allmendtunnel der N6. Die Aufzeichnungen der Zählschwelle 95 wurden uns durch das Bundesamt für Strassen (ehemals ASF) zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2: Zählungen Anschluss Kiesen (Zubringer N6)

Anschluss Kiesen Zubringer	→ N 6				→ T 6			
	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes
So 20.2.72	8326	48.87	1329	16.0	7759	45.54	1395	18.0
Di 22.2.72	3504	52.12	585	16.7	2807	41.75	536	19.1
So 18.2.73	1629	7.87	183	11.2	1595	7.71	231	14.5
Di 20.2.73	1196	13.3	137	11.4	929	10.36	98	10.6
So 24.2.74	1050	4.86	65	6.2	1435	6.64	51	3.6
Do 21.2.74	1514	13.75	32	2.1	1331	12.09	60	4.5

Tabelle 3: Zählungen Anschluss Kiesen (Bernstrasse T6)

Anschluss Kiesen Bernstrasse	→ Bern				→ Konolfingen			
	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes
So 20.2.72	9128	53.58	1614	17.7	2491	14.62	435	17.5
Di 22.2.72	5113	76.05	900	17.6	1456	21.66	260	17.9
So 18.2.73	3949	19.08	508	12.9	2036	9.84	286	14.0
Di 20.2.73	2101	23.44	244	11.6	986	11.0	139	14.1
So 24.2.74	1926	8.91	62	3.2	1585	7.33	81	5.1
Do 21.2.74	1969	17.89	63	3.2	1621	14.73	83	5.1

Tabelle 4: Zählungen Anschluss Allmendingen

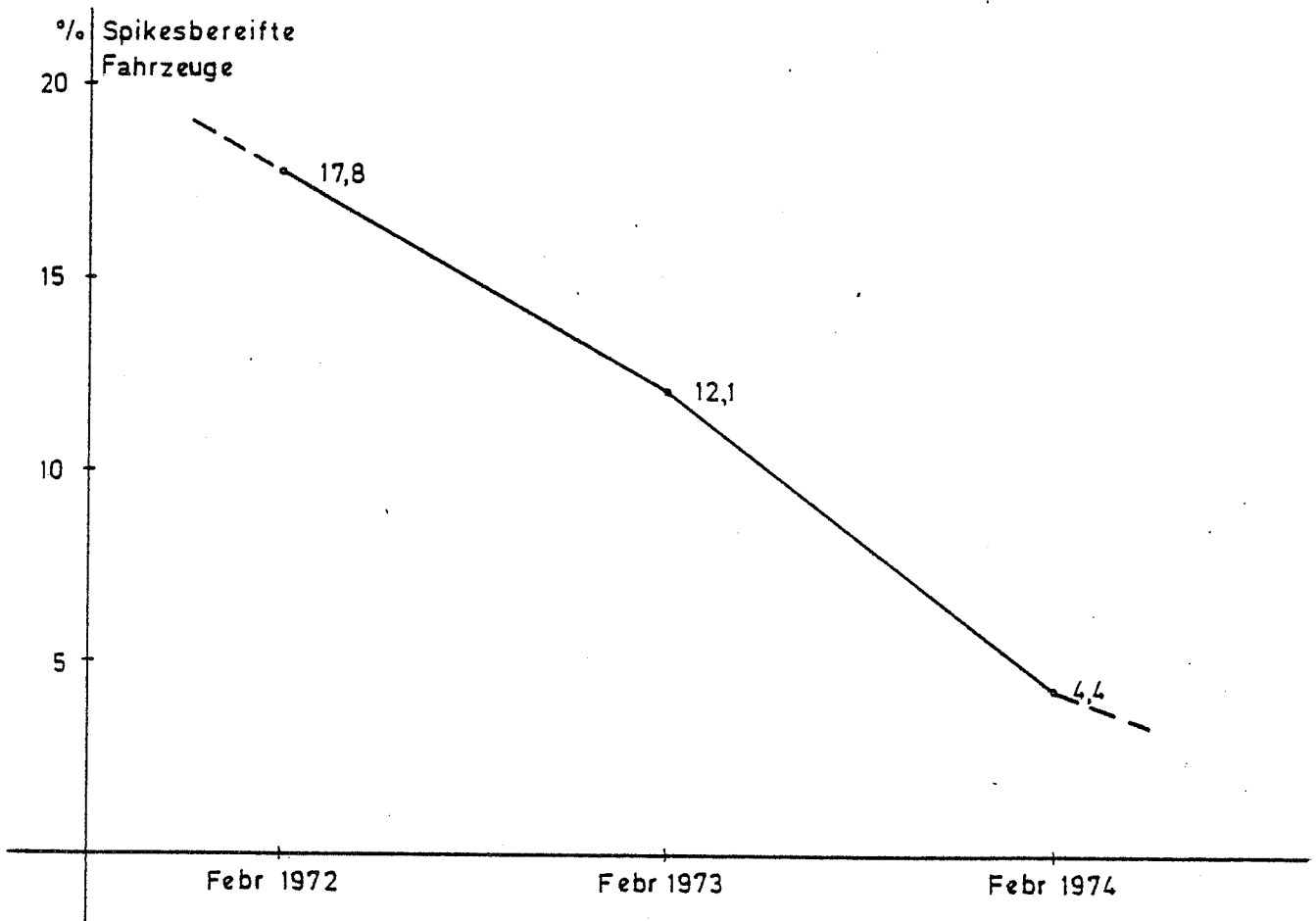
Anschluss Allmendingen	N 6				Thun			
	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes
So 20.2.72	1593	9.35	251	15.8	2152	12.63	362	16.8
Di 22.2.72	1480	22.01	301	20.3	1832	27.25	360	19.6
So 18.2.73	2200	10.63	236	10.7	2656	12.69	277	10.6
Di 20.2.73	2495	27.83	310	12.4	2700	30.12	316	11.7
So 24.2.74	2264	10.47	121	5.3	2588	11.97	118	4.6
Do 21.2.74	3060	27.80	132	4.3	2806	25.49	146	5.2

Tabelle 5: Zählungen Anschluss Heimberg

Anschluss Heimberg	N 6				T 6			
	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes	Fz total	% Z'schw. 95	Fz Spikes	% Spikes
So 24.2.74	2083	9.64	116	5.6	1949	9.02	113	5.8
Do 21.2.74	2422	22.00	135	5.6	2487	22.59	124	5.0

Die Anzahl der Lastwagen wurde bei allen Zählungen erfasst, in der Zusammenstellung aber wegen des geringen Prozentsatzes nicht mehr ausgesondert.

Abb.4 Abnahme der spikesbereiften Fahrzeuge 1972-1974



Beachtlich ist die infolge der restriktiven Bewilligungspraxis stark abnehmende Zahl der spikesbereiften Fahrzeuge (Abb. 4). Diese Tatsache erschwerte die Erfüllung unseres Auftrages.

10. Verkehrsbeanspruchung der Versuchsstrecken

Unter der Annahme, dass die Verkehrsverteilung an den Zähltagen für die ganze Zählperiode repräsentativ sei, konnte die Verkehrsbeanspruchung der Versuchsstrecken folgendermassen bestimmt werden:

- a) Errechnung des über die Zählschwelle 95 gerollten Gesamtverkehrs pro Zählperiode durch Addition der Monatsauswertungen. Die so ermittelte Zahl diene als Bezugzahl.

- b) Die in den Tabellen 2 - 5 enthaltenen Verhältniszahlen zur Zählschwelle 95 multipliziert mit der Bezugzahl ergaben die Verkehrsmenge pro Zählperiode für jede Versuchsstrecke.

Die Zusammenstellung der so errechneten Verkehrsbeanspruchung aller Versuchsstrecken ist in Tabelle 6 enthalten. Zum Vergleich der in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Untersuchungsergebnisse wurden die Einflüsse der Verkehrsbelastung pro 1 Mio Fahrzeuge bzw. 100'000 spikesbereifte Fahrzeuge berechnet.

Bei der ersten Teileröffnung der N6 von Spiez bis Kiesen wickelte sich der ganze Verkehr von und zur Autobahn über den Anschluss Kiesen und die Bernstrasse Oppligen ab. Im Mai 1972 wurde dann ein weiteres Teilstück der N6 bis Hunzigen eröffnet. Dies ist die Ursache des beachtlichen Rückgangs der Verkehrsbeanspruchung vom Sommer 1971 zum Sommer 1972 auf dem Zubringer N6 und der Bernstrasse T6.

Tabelle 6: Gesamte Verkehrsbeanspruchung der Versuchsstrecken

Zähl- periode	Versuchsstrecke	Anschl. Kiesen: Zubr.		Anschl. Kiesen: Bernstr		Anschluss Allmendingen		Anschluss Heimberg	
		→ N 6	→ T 6	→ Bern	→ K'fingen	→ N 6	→ Thun	→ N 6	→ T 6
1. 7.71 - 14.11.71	Sommer	792'000	676'000	1'041'000	292'000	261'000	330'000		
15.11.71 - 15. 3.72	total Winter Spikes	525'000 87'000	449'000 83'000	687'000 124'000	193'000 34'000	171'000 33'000	217'000 42'000		
16. 3.72 - 14.11.72	Sommer	367'000	307'000	717'000	349'000	685'000	758'000		
15.11.72 - 15. 3.73	total Winter Spikes	158'000 18'000	132'000 16'000	310'000 37'000	151'000 21'000	295'000 36'000	327'000 37'000		
16. 3.73 - 14.11.73	Sommer	388'000	380'000	547'000	450'000	795'000	768'000	398'000	400'000
15.11.73 - 17. 3.74	total Winter Spikes	160'000 4'800	157'000 8'100	227'000 7'300	187'000 9'500	329'000 14'900	318'000 16'000	269'000 15'100	271'000 14'000
Total	Sommer	1'547'000	1'363'000	2'305'000	1'091'000	1'741'000	1'856'000	398'000	400'000
Total	Winter	843'000	738'000	1'224'000	531'000	795'000	862'000	269'000	271'000
Total	Spikes	109'800	107'100	168'300	64'500	83'900	95'000	15'100	14'000

C. Materialuntersuchungen

11. Splitte

Die Untersuchung der Splitte erfolgte gemäss Forschungsprogramm (Ziffer 7.21) durch EMPA, LMP-EPFL und ISETH-ETHZ. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Splitt-Untersuchungen

		Balmholz			Kanderkies			Bümberg		
		3/6	6/10	10/16	3/6	6/10	10/16	3/6	6/10	10/16
<u>1. Petrographie</u>										
Hart	Zahl-%	92	67	97	77	79	75	80	79	84
Mittelhart	Zahl-%	8	33	3	19	18	20	20	21	16
Weich	Zahl-%	-	-	-	4	3	5	-	-	-
<u>2. Kornform</u>										
Nichtkubisch	Zahl-%	51	47	45	34	36	34	35	34	32
Teilweise rund	Zahl-%	-	-	-	8	20	21	7	14	20
Rund	Zahl-%	-	-	-	-	einzel.	-	-	-	-
<u>3. Zertrümmerungsgrad</u>										
Druckversuch	%	9.9	12.2	13.0	14.2	15.0	18.0	13.0	15.0	16.4
Schlagversuch	%	10.4	12.4	13.9	14.4	15.2	18.3	12.8	15.4	18.2
<u>4. Los-Angeles-Koeffiz.</u>										
Gemäss ASTM-No. C-131-66		15.0	15.1		21.1	22.1		21.5	21.2	
<u>5. Polierfähigkeit</u>										
Gemäss BS mit SRT-Pendel										
Vor Polierung	SRT-Wert		66			68			73	
Nach Polierung	SRT-Wert		42			51			49	

1. + 2. + 3.: EMPA No. 17772: 17. September 1971

4. : LMP No. 2668-2670/71: 30 Juli 1971

5. : ISETH No. 6-8/71: 19. August 1971

Zu den vorstehenden Ergebnissen sei ein kurzer Kommentar gegeben:

Petrographie:

Alle Splitte weisen über 60% harte Gesteinsarten auf. Interessant ist beim Balmholz-Material, dass die Splitte 3/6 und 10/16 einen wesentlich höheren Anteil an hartem Gestein aufweisen als der Splitt 6/10.

Kornform:

Hinsichtlich Kubizität liegen die beiden Moränesplitte günstiger; sie weisen aber anderseits besonders beim Splitt 10/16 einen erheblichen Anteil an teilweise gerundeten Körnern auf im Gegensatz zum Steinbruchmaterial.

Zertrümmerungsgrad, Los-Angeles-Koeffizient:

Bei diesen Prüfungen ist der Hartgesteinsplitt eindeutig überlegen.

Polierfähigkeit:

Die Griffigkeit nach erfolgter Polierung ist bei den beiden Moränesplitten mit 49 - 51 SRT-Einheiten knapp bis genügend. Der Hartgesteinsplitt liegt ungünstiger, doch hat eine kürzlich durchgeführte Prüfung - nach neuer Methode an ausgesiebttem Material 10/12.5 - einen Wert von 53 SRT-Einheiten für das Balmholz-Material ergeben (EMPA No. 144 425 vom 6. August 1979).

12. Bituminöses Mischgut

12.1 Rezepturen

Die nachstehende Zusammenstellung der ausgeführten Versuchsbeläge erfolgt primär nach der maximalen Korngrösse und sekundär in der Reihenfolge der Versuchsnummern (Code) gemäss Tabelle 1.

a) Maximalkorn 16 mm

Versuchs-Nr. 4.K.11

Hot Rolled Asphalt

Anschluss Kiesen/ Einbau 1970

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Balmholz-Splitt 10/16	33.3 Gew.%	27.0 Gew.%
Bümburg-Rundsand 0/4 gew.	66.7 "	54.0 "
Balmholz-Rohfiller		4.0 "
Trinidad-Pulver 50/50		10.0 "
Bitumen B 180/220		5.0 "
		100.0 Gew.%

Als Einstreu-Splitt wurde Balmholz 10/16 verwendet, der mit 1.5 Gew.% Bitumen B 80/100 umhüllt war; Menge ca. 9-10 l/m².

Versuchs-Nr. 6.H.06

AB 16 nach Norm SNV 40 432a

mit Moränematerial Kanderkies

Anschluss Heimberg/ Einbau 1973

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Kander-Splitt 10/16	21.6 Gew.%	19.8 Gew.%
Kander-Splitt 6/10	21.6 "	19.8 "
Kander-Splitt 3/ 6	15.4 "	14.1 "
Kander-Brechsand 0/3	41.4 "	37.8 "
Balmholz-Rohfiller		2.8 "
Bitumen B 80/100		5.7 "
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 8.H.09

AB 16 nach Norm SNV 40 432a

mit Hartgestein Balmholz und Moränematerial Kanderkies

Anschluss Heimberg/ Einbau 1973

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Balmholz-Splitt 10/16	21.7 Gew.%	19.8 Gew.%
Balmholz-Splitt 6/10	21.7 "	19.8 "
Kander-Splitt 3/ 6	15.4 "	14.1 "
Kander-Brechsand 0/4	41.2 "	37.6 "
Balmholz-Rohfiller		2.8 "
Bitumen B 80/100		5.9 "
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 10.H.08

AB 16 nach Norm SNV 40 432a

mit Hartgestein Balmholz

Anschluss Heimberg/ Einbau 1973

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Balmholz-Splitt 10/16	22.0 Gew.%	18.8 Gew.%
Balmholz-Splitt 6/10	22.0 "	18.8 "
Balmholz-Splitt 3/ 6	16.5 "	14.2 "
Balmholz-Brechsand 0.2/3 gew.	39.5 "	33.7 "
Balmholz-Rohfiller		8.4 "
Bitumen B 80/100		<u>6.1 "</u>
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 13.A.07

AB 16 modifiziert

Anschluss Allmendingen/ Einbau 1970

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Kander-Splitt 10/16	23.6 Gew.%	20.5 Gew.%
Kander-Splitt 6/10	23.6 "	20.5 "
Kander-Splitt 3/ 6	9.7 "	8.4 "
Bettschen-Brechsand 0/4	32.3 "	28.0 "
Kander-Rundsand 0/4	10.8 "	9.4 "
Balmholz-Rohfiller		7.0 "
Bitumen B 80/100		<u>6.2 "</u>
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 14.A.06

AB 16 nach Norm SNV 40 432a (Referenzbelag)

Anschluss Allmendingen/ Einbau 1970

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Kander-Splitt 10/16	21.2 Gew.%	18.8 Gew.%
Kander-Splitt 6/10	21.2 "	18.8 "
Kander-Splitt 3/ 6	21.2 "	18.8 "
Bettschen-Brechsand 0/4	36.4 "	32.1 "
Balmholz-Rohfiller		5.7 "
Bitumen B 80/100		<u>5.8 "</u>
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 16.K.06

AB 16 nach Norm SNV 40 432a (Referenzbelag)

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 10/16	22 Gew.%	18.75 Gew.%
Bümberg-Splitt 6/10	22 "	18.75 "
Bümberg-Splitt 3/ 6	11 "	9.40 "
Bümberg-Rund-Brech-Sand 0/4 gew.	13 "	11.25 "
Rubigen-Brechsand 0.2/4 gew.	32 "	28.15 "
Balmholz-Rohfiller		7.50 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>6.20 "</u>
		100.00 Gew.%

Versuchs-Nr. 17.K.07

AB 16 modifiziert

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 10/16	22 Gew.%	18.40 Gew.%
Bümberg-Splitt 6/10	22 "	18.40 "
Bümberg Splitt 3/ 6	11 "	9.20 "
Bümberg-Rund-Brech-Sand 0/4 gew.	13 "	10.90 "
Rubigen-Brechsand 0.2/4 gew.	32 "	26.80 "
Balmholz-Rohfiller		10.00 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>6.30 "</u>
		100.00 Gew.%

b) Maximalkorn 10 mm

Versuchs-Nr. 1.K.01

AB 10 nach Norm SNV 40 432a (Referenzbelag)

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 6/10	22 Gew.%	18.70 Gew.%
Bümberg-Splitt 3/ 6	20 "	16.85 "
Bümberg-Rund-Brech-Sand 0/4 gew.	13 "	11.20 "
Rubigen-Brechsand 0.2/4 gew.	45 "	37.40 "
Balmholz-Rohfiller		9.35 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>6.50 "</u>
		100.00 Gew.%

Versuchs-Nr. 3.K.05

AB 10 mit Trinidad-Zusatz

Anschluss Kiesen (Oppligen)/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 6/10	22 Gew.%	18.50 Gew.%
Bümberg-Splitt 3/ 6	20 "	16.60 "
Bümberg-Rund-Brech-Sand 0/4 gew.	22 "	18.50 "
Rubigen-Brechsand 0.2/4 gew.	36 "	29.50 "
Rohfiller-Balmholz		8.00 "
Trinidad-Pulver 50/50		3.00 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>5.90 "</u>
		100.00 Gew.%

Versuchs-Nr. 11.A.01

AB 10 nach Norm SNV 40 432a (Referenzbelag)

Anschluss Allmendingen/ Einbau 1970

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Kander-Splitt 6/10	21.5 Gew.%	19.1 Gew.%
Kander-Splitt 3/ 6	27.5 "	24.4 "
Bettschen-Brechsand 0/4	51.0	45.2 "
Balmholz-Rohfiller		5.0 "
Bitumen B 80/100		<u>6.3 "</u>
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 12.A.02

AB 10 modifiziert

Anschluss Allmendingen/ Einbau 1970

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Kander-Splitt 6/10	37.7 Gew.%	32.5 Gew.%
Kander-Splitt 3/ 6	9.7 "	8.4 "
Bettschen-Brechsand 0/4	39.5 "	33.9 "
Kander-Rundsand 0/4	13.1 "	11.3 "
Balmholz-Rohfiller		7.5 "
Bitumen B 80/100		6.4 "
		100.0 Gew.%

Versuchs-Nr. 15.K.12

AB 10 modifiziert mit Trinidad-Zusatz

Anschluss Kiesen (Oppligen)/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 6/10	27 Gew.%	21.70 Gew.%
Bümberg-Splitt 3/ 6	20 "	16.10 "
Bümberg-Rund-Brech-Sand 0/4 gew.	22 "	17.70 "
Rubigen-Brechsand 0.2/4 gew.	31 "	25.00 "
Balmholz-Rohfiller		10.40 "
Trinidad-Pulver 50/50		3.00 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		6.10 "
		100.0 Gew.%

c) Maximalkorn 6 mm

Versuchs-Nr. 18.K.13

AB 6 nach Norm SNV 40 432a (Referenzbelag)

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 3/6	33 Gew.%	30.70 Gew.%
Bümberg-Brechsand 0/4 ungew.	67 "	62.30 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>7.00 "</u>
		100.00 Gew.%

Versuchs-Nr. 19.K.14

AB 6 mit 2% Lonsicar-Splitt

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 3/6	31 Gew.%	28.85 Gew.%
Lonsicar 3/6	2 "	1.85 "
Bümberg-Brechsand 0/4 ungew.	67 "	62.30 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>7.00 "</u>
		100.00 Gew.%

Versuchs-Nr. 20.K.15

AB 6 mit 6% Lonsicar-Splitt

Anschluss Kiesen/ Einbau 1971

	<u>Vordos.</u>	<u>Rezept</u>
Bümberg-Splitt 3/6	27 Gew.%	25.15 Gew.%
Lonsicar 3/6	6 "	5.55 "
Bümberg-Brechsand 0/4 gew.	67 "	62.30 "
Bitumen 80/100 + Haftmittel		<u>7.00 "</u>
		100.00 Gew.%

12.2 Ergebnisse der Labor-Untersuchungen

Die Labor-Untersuchungen des Mischgutes umfassten:

- Kornverteilung, Füllergehalt, Bindemittelgehalt
- Raumgewicht, Spez. Gewicht, Hohlraumgehalt Marshall,
Hohlraumfüllungsgrad
- Marshall-Versuch: Stabilität, Fliessen, Steifigkeit

Die Ergebnisse der Mischgut-Kontrolle der 16 Versuchsbeläge sind in den Abb. 5 - 11 dargestellt. In den Fällen, in denen ein Kommentar zum Ergebnis als notwendig erachtet wurde, sind die entsprechenden Bemerkungen unter "Beurteilung" gemacht worden.

Die Kornverteilungsbereiche für AB 16, AB 10, AB 6 basieren auf der zur Zeit der Versuche gültigen VSS-Norm SNV 40 432a, die im Jahre 1976 durch die Norm SNV 640 431 abgelöst wurde.

Mischgutsorte: Hot Rolled Asphalt

Code Nr.: 4.K.11

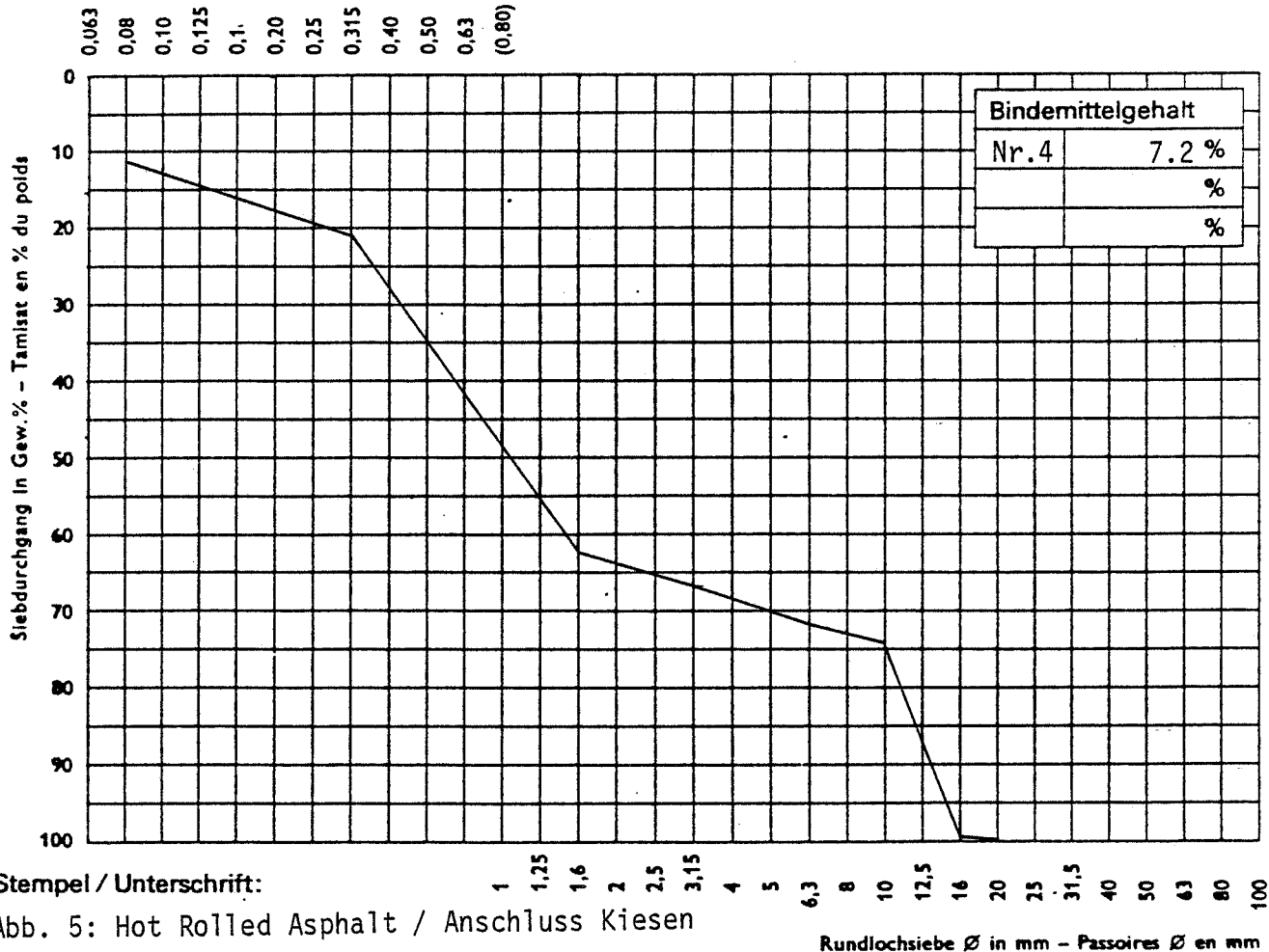
Bindemittelsorte: B 180/220

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:	
Baustelle / Kunde: FA 7/71: Anschluss Kiesen		Untersuchungsdatum:	
Marshall-Versuch		Nr. 4	
Raumgewicht	g / cm ³	2.351	
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.415	
Hohlraumgehalt	Vol. %	2.6	
Hohlraumfüllungsgrad	%	92.5	
Stabilität SM	kN	7.0	
Fließwert FM	mm	ca. 9	
SM / FM	kN / mm	ca. 0.8	

Beurteilung: Hoher Fließwert infolge hohem Trinidad-Gehalt

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr. 4				100	99.3	74.3	72.0	66.9	62.7		21.1		11.6

Maschensiebe ☒ in mm - Tamis ☒ en mm



Stempel / Unterschrift:

Abb. 5: Hot Rolled Asphalt / Anschluss Kiesen

Mischgutsorte: AB 16	Code Nr.: 6.H.06 nach SNV 40432a: Moränematerial
Bindemittelsorte: B 80/100	8.H.09 nach SNV 40432a: Hartg.+Moräne
	10.H.08 nach SNV 40432a: Hartgestein

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:		
Baustelle / Kunde: FA 7/71 Anschluss Heimberg		Untersuchungsdatum:		
Marshall-Versuch		Nr. 6	Nr. 8	Nr. 10
Raumgewicht	g / cm ³	2.411	2.409	2.371
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.480	2.471	2.456
Hohlraumgehalt	Vol. %	2.8	2.5	3.5
Hohlraumfüllungsgrad	%	87.2	80.1	80.0
Stabilität SM	kN	12.6	11.8	11.3
Fließwert FM	mm	3.7	4.3	4.4
SM / FM	kN / mm	3.4	2.7	2.6

Beurteilung:

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr. 6	—			100	99.3	78.3	61.1	46.6	30.2		13.7		8.7
Nr. 8	---			100	99.7	82.0	62.3	47.8	30.9		14.5		9.1
Nr. 10					100	79.5	59.0	43.8	28.5		12.6		7.4

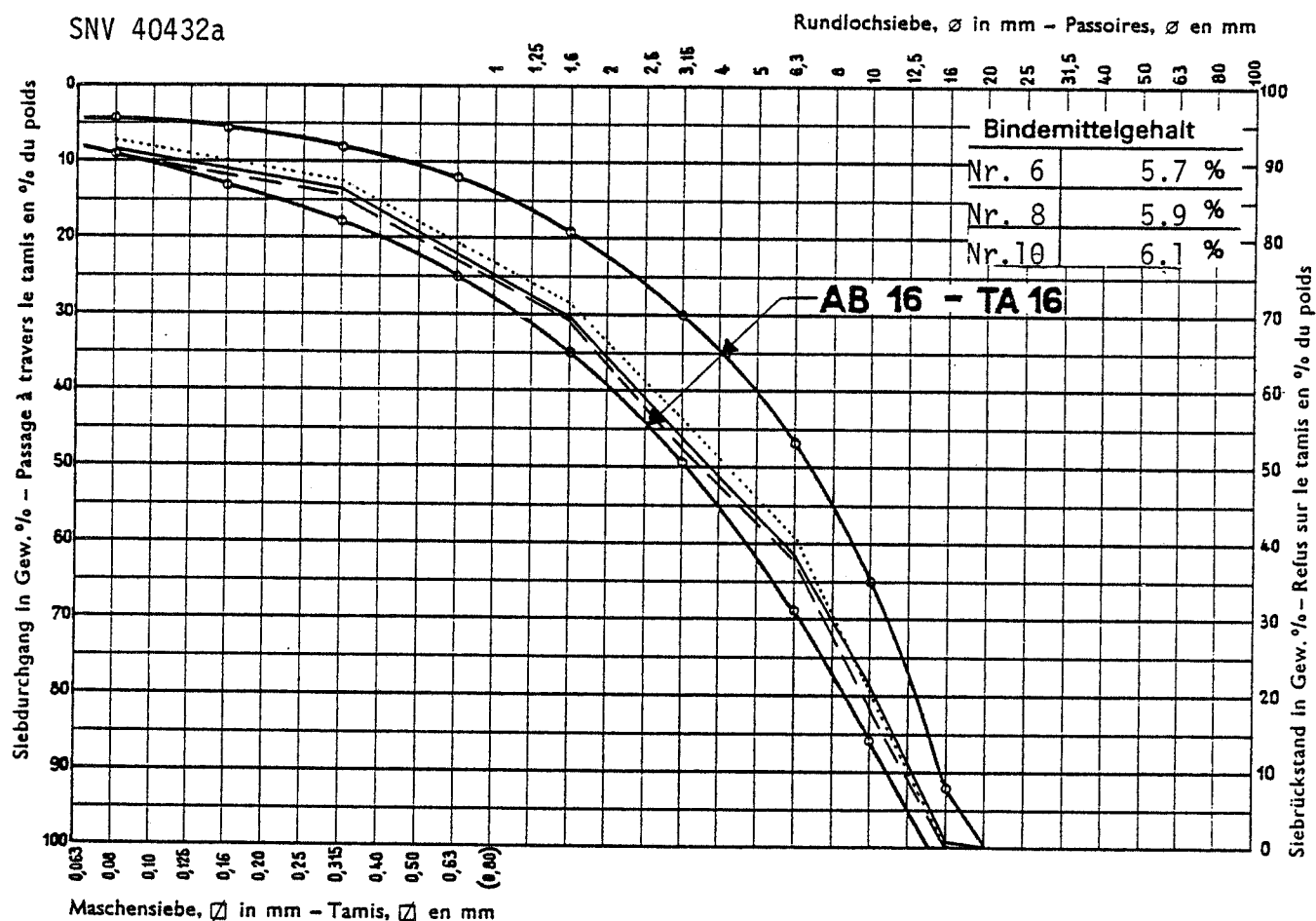


Abb. 6: AB 16/Anschluss Heimberg

Mischgutsorte: AB 16

Code Nr.: 13.A.07 modifiziert
14.A.06 nach SNV 40432a

Bindemittelsorte: B 80/100

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:	
Baustelle / Kunde: FA 7/71:Anschluss Allmendingen		Untersuchungsdatum:	
Marshall-Versuch		Nr. 13	Nr. 14
Raumgewicht	g / cm ³	2.420	2.421
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.454	2.455
Hohlraumgehalt	Vol. %	1.4	1.4
Hohlraumfüllungsgrad	%	81.6	85.2
Stabilität SM	kN	12.1	12.0
Fließwert FM	mm	4.0	4.4
SM / FM	kN / mm	3.0	2.7

Beurteilung: Nr. 13: Die Zusammensetzung entspricht nicht der Rezeptur, welche erhöhten Gehalt an Sand, Filler, Bitumen vorsah. Wiederholung des Versuches unter Nr. 17; siehe Abb. 8.

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr.13	—			100	99.3	78.0	63.9	44.2	28.4		12.6		7.9
Nr.14	---			100	99.2	79.3	66.9	51.9	33.0		15.6		8.5

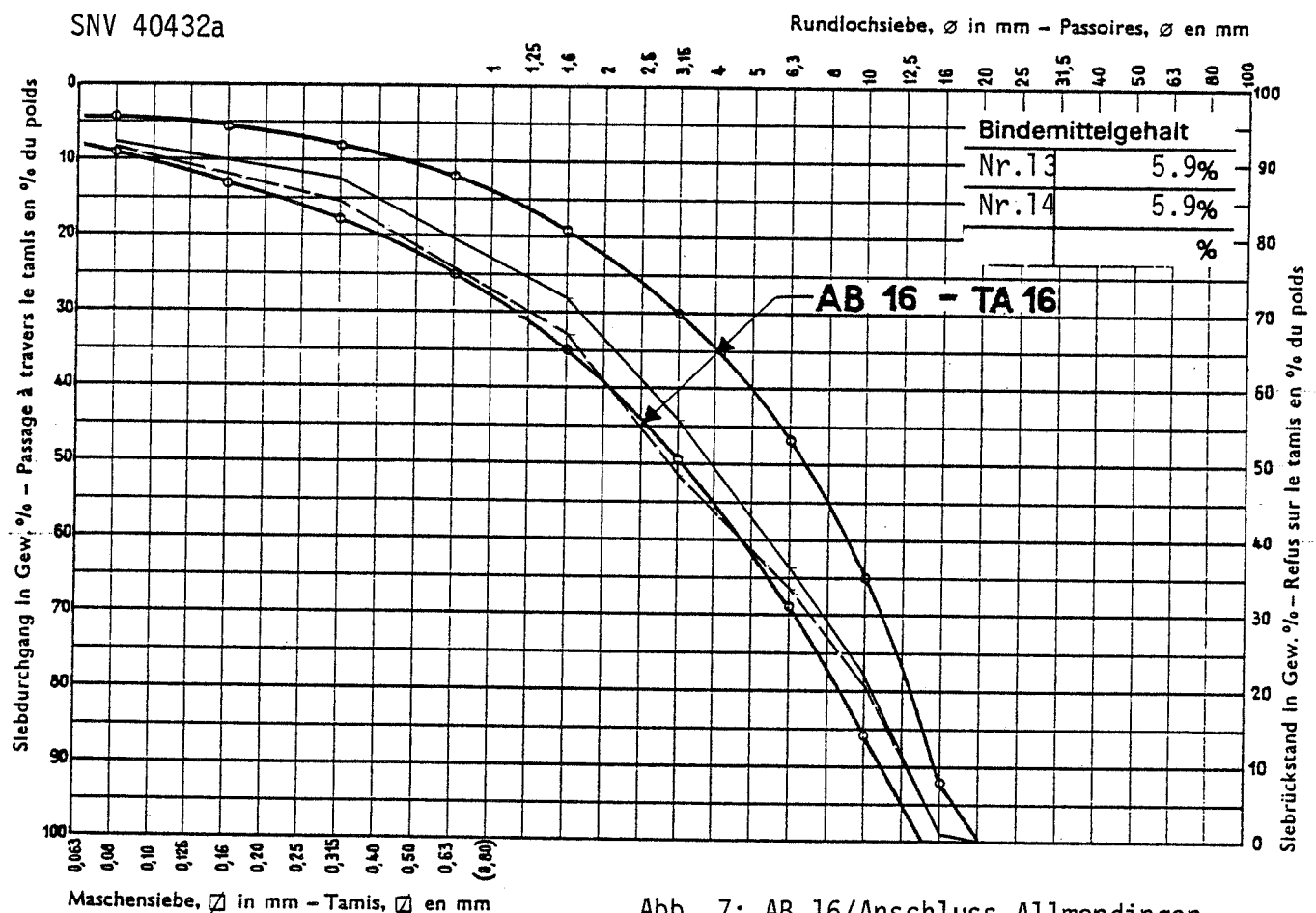


Abb. 7: AB 16/Anschluss Allmendingen

Mischgutsorte: AB 16

Code Nr.: 16.K.06 nach SNV 40432a
17.K.07 modifiziert

Bindemittelsorte: B 80/100

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:	
Baustelle / Kunde: FA 7/71: Anschluss Kiesen		Untersuchungsdatum:	
Marshall-Versuch		Nr. 16	Nr. 17
Raumgewicht	g / cm ³	2.346	2.401
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.507	2.459
Hohlraumgehalt	Vol. %	6.4	2.3
Hohlraumfüllungsgrad	%	61.0	79.7
Stabilität SM	kN	10.2	10.5
Fließwert FM	mm	3.1	4.6
SM / FM	kN / mm	3.3	2.3

Beurteilung: Nr. 16: Infolge Fehleinstellung an der Mischanlage Bitumengehalt zu niedrig;
dadurch zu hoher Hohlraumgehalt

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr.16	—			100	98.9	77.2	61.1	38.6	25.3		11.8		7.6
Nr.17	---			100	98.1	78.0	62.8	42.2	28.5		14.1		9.6

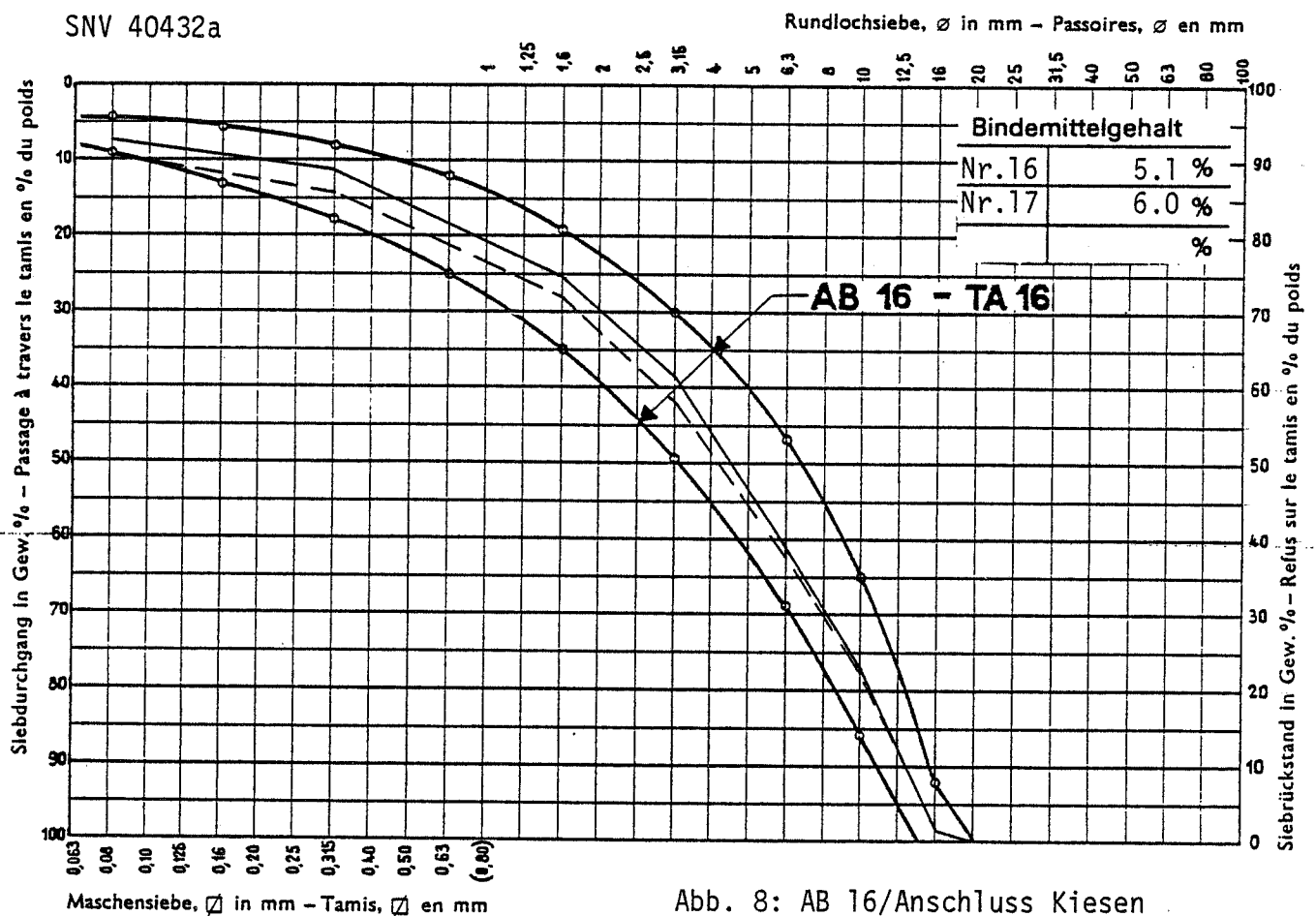


Abb. 8: AB 16/Anschluss Kiesen

Mischgutsorte: AB 10

Code Nr.: 1.K.01 nach SNV 40432a

Bindemittelsorte: B 80/100

3.K.05 mit Trinidad

15.K.12 modifiziert mit Trinidad

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:		
Baustelle / Kunde: FA 7/71: Anschluss Kiesen		Untersuchungsdatum:		
Marshall-Versuch		Nr. 1	Nr. 3	Nr. 15
Raumgewicht	g / cm ³	2.316	2.373	2.380
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.450	2.435	2.433
Hohlraumgehalt	Vol. %	5.5	2.6	2.2
Hohlraumfüllungsgrad	%	67.4	78.6	83.1
Stabilität SM	kN	10.3	9.9	9.5
Fließwert FM	mm	3.0	5.3	5.8
SM / FM	kN / mm	3.4	1.9	1.6

Beurteilung: Nr. 15: Bindemittelgehalt etwas knapp.

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr. 1	—	—	—	—	100	97.4	81.0	49.2	30.2	—	12.9	—	8.3
Nr. 3	---	---	---	---	100	97.5	78.1	47.7	31.6	—	15.7	—	10.7
Nr. 15	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	100	96.5	76.7	47.2	32.3	—	16.6	—	11.9

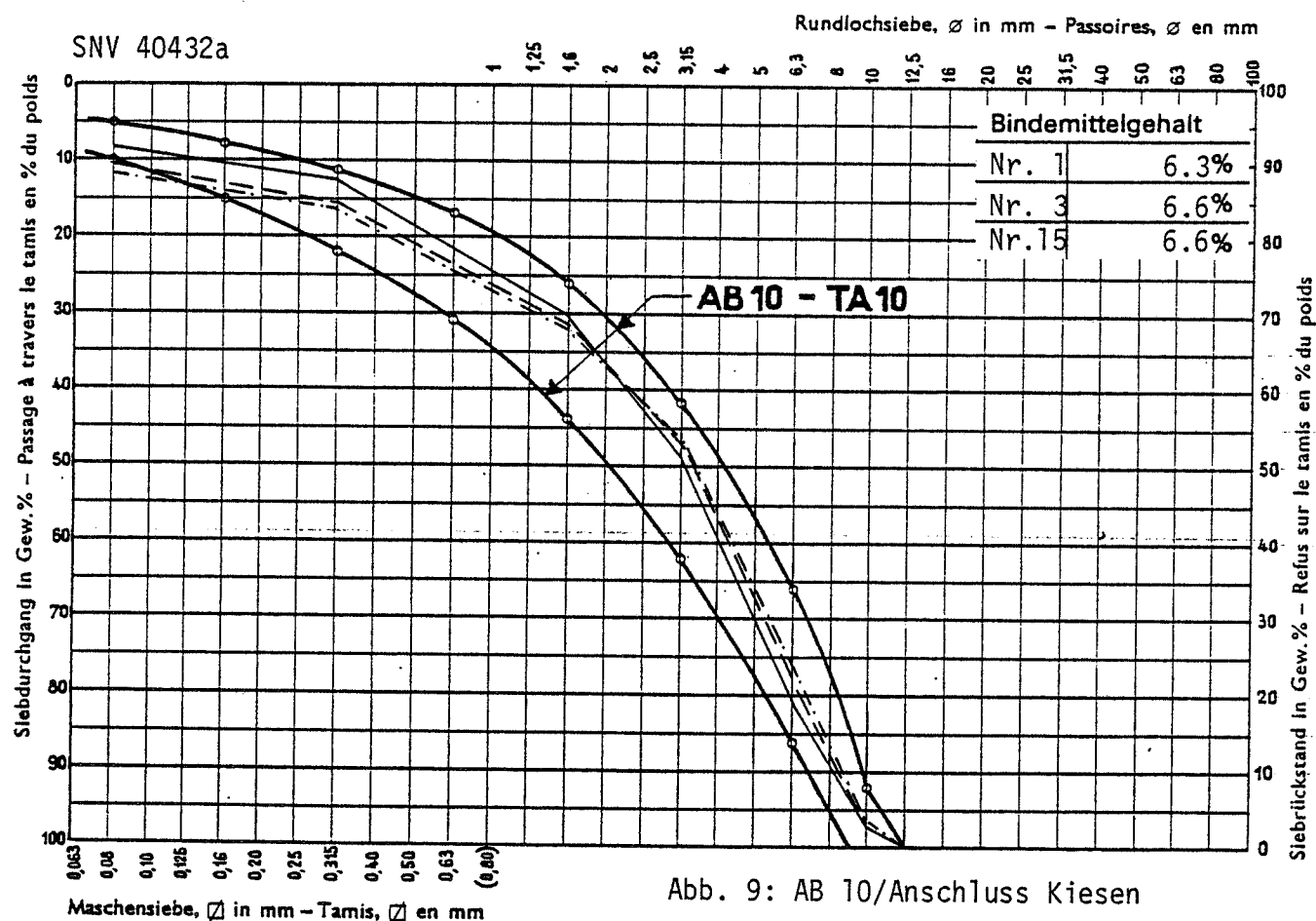


Abb. 9: AB 10/Anschluss Kiesen

Mischgutsorte: AB 10

Code Nr.: 11.A.01 nach SNV 40432a
12.A.02 modifiziert

Bindemittelsorte: B 80/100

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:	
Baustelle / Kunde: FA 7/71: Anschluss Allmendingen		Untersuchungsdatum:	
Marshall-Versuch		Nr. 11	Nr. 12
Raumgewicht	g / cm ³	2.376	2.408
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.440	2.435
Hohlraumgehalt	Vol. %	2.6	1.1
Hohlraumfüllungsgrad	%	65.9	85.8
Stabilität SM	kN	11.3	10.3
Fliesswert FM	mm	2.6	5.6
SM / FM	kN / mm	4.3	1.8

Beurteilung:

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr.11	—				100	97.5	83.0	65.2	40.8		17.9		9.2
Nr.12	---				100	96.7	75.5	54.7	36.5		18.2		12.0

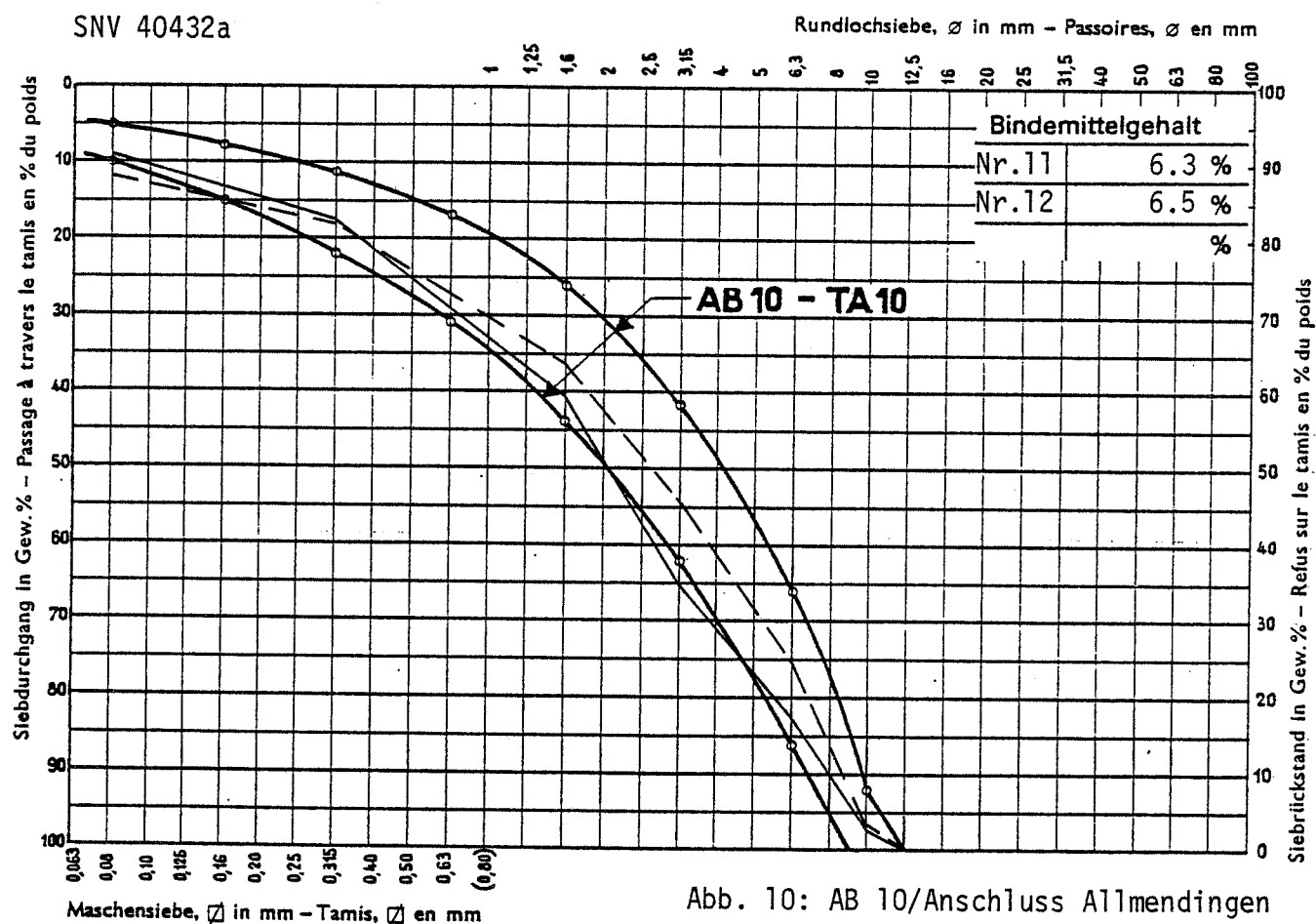


Abb. 10: AB 10/Anschluss Allmendingen

Mischgutsorte: AB 6

Code Nr.: 18.K.13 nach SNV 40432a
19.K.14 mit 2 % Lonsicar
20.K.15 mit 6 % Lonsicar

Bindemittelsorte: B 80/100

Lieferschein Nr.:		Entnahmedatum:		
Baustelle / Kunde: FA 7/71: Anschluss Kiesen		Untersuchungsdatum:		
Marshall-Versuch		Nr. 18	Nr. 19	Nr. 20
Raumgewicht	g / cm ³	2.329	2.353	2.382
Spez. Gewicht	g / cm ³	2.424	2.436	2.466
Hohlraumgehalt	Vol. %	3.9	3.4	3.4
Hohlraumfüllungsgrad	%	63.1	63.7	64.3
Stabilität SM	kN	11.6	11.2	12.4
Fließwert FM	mm	3.4	3.7	4.3
SM / FM	kN / mm	3.4	3.0	2.9

Beurteilung:

Siebe	50	40	31,5	25	16	10	6,3	3,15	1,6	0,63	0,315	0,16	0,08
Nr.18						100	97.4	66.1	40.7		19.2		9.2
Nr.19						100	98.2	64.8	40.4		19.2		9.7
Nr.20						100	97.4	65.4	41.1		19.2		9.2

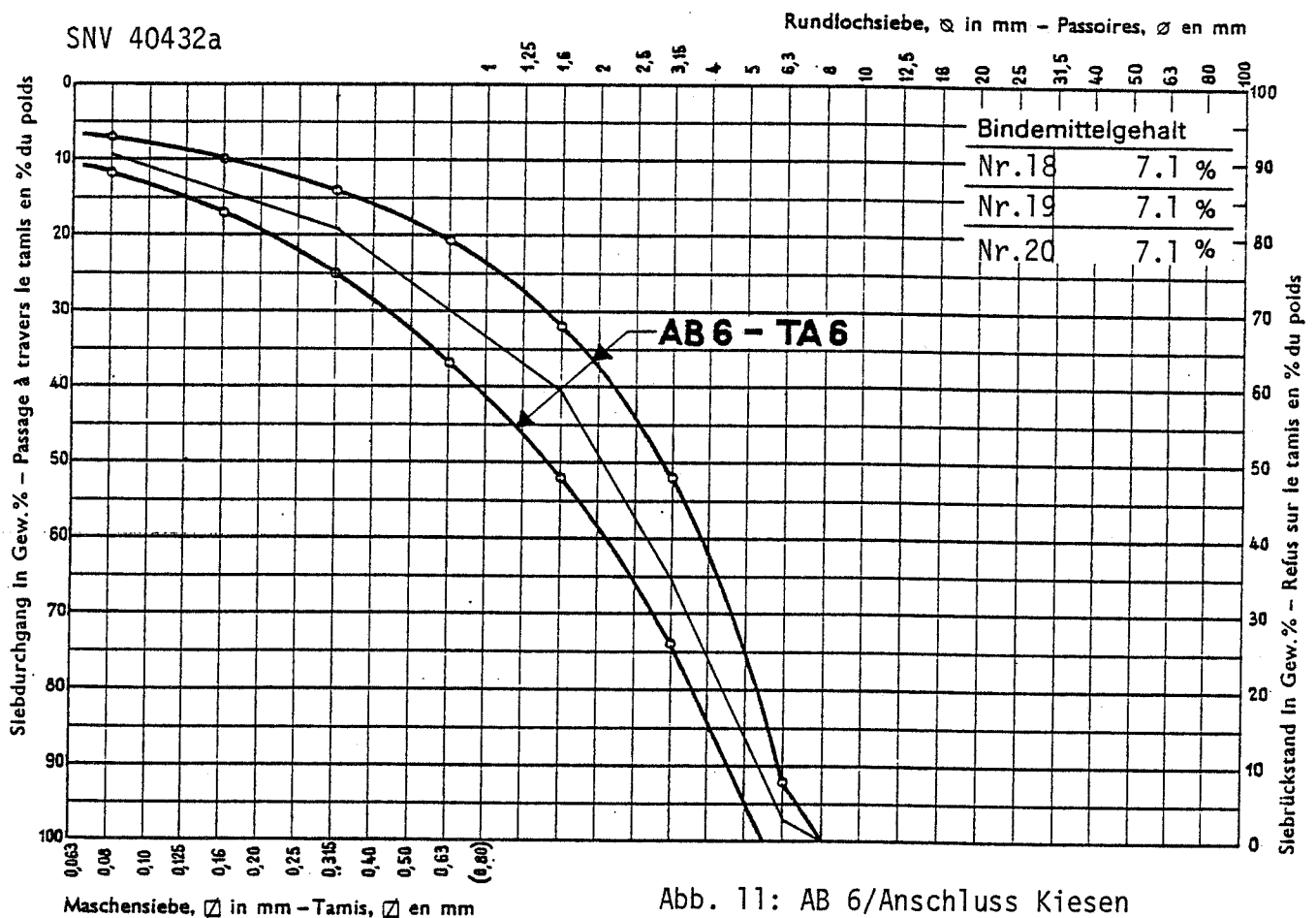


Abb. 11: AB 6/Anschluss Kiesen

13. Versuchsbeläge

Den 16 Versuchsbelägen wurden unmittelbar nach dem Einbau Bohrkerne entnommen, und zwar 9 Bohrkerne pro Versuchsbelag. An diesen wurden das Spezifische Gewicht und das Raumgewicht ermittelt sowie der Hohlraumgehalt und der Verdichtungsgrad berechnet.

Zum Abschluss der Untersuchungen, im Frühjahr 1974, wurden nochmals allen Versuchsbelägen Bohrkerne entnommen, und zwar 6 Bohrkerne pro Versuchsbelag. An diesen wurden wiederum das Spezifische Gewicht und das Raumgewicht ermittelt sowie der Hohlraumgehalt berechnet.

Die Ergebnisse der Bohrkern-Untersuchungen wurden in Tabelle 8 zusammengestellt. Gleichzeitig wurden die wichtigsten Daten der Mischgut-Kontrolle zum Vergleich in der Tabelle aufgeführt.

Bei der Untersuchung der unmittelbar nach dem Einbau entnommenen Bohrkerne zeigen die Beläge Nr. 11, 16, 18, 19, 20 einen hohen Hohlraumgehalt. Bei Belag Nr. 16 ist die Ursache der zu niedrige Bindemittelgehalt; bei den anderen Belägen ist die Ursache nicht mehr zu ermitteln. Den niedrigsten Hohlraumgehalt weist der Hot Rolled Asphalt mit 2.9 Vol.% auf.

Bei den Untersuchungen der im Frühjahr 1974 entnommenen Bohrkerne sind die Hohlraumgehalte aller AB-Beläge zufriedenstellend und liegen zwischen 2.9 und 5.1 Vol.%. Den niedrigsten Hohlraumgehalt weist wiederum der Hot Rolled Asphalt mit 1.7 Vol.% auf.

Tabelle 8: Ergebnisse der Bohrkern-Untersuchungen/ Vergleich mit der Mischgut-Kontrolle

Versuchs- belag	Mischgut bei Einbau				Bohrkerne nach Einbau				Bohrkerne 1974			
Korn	Bindem. gehalt	Filler gehalt	Hohl. füll. grad	RG Marshall	HM Marshall	SG	RG	HR	Verdicht. grad	SG	RG	HR
Code	%	%	%	g/cm3	Vol. %	g/cm3	g/cm3	Vol. %	%	g/cm3	g/cm3	Vol. %
16	4.K.11	7.2	11.6	92.5	2.351	2.6	2.432	2.362	100.5	2.387	2.429	1.7
	6.H.06	5.7	8.7	87.2	2.411	2.8	2.478	2.360	97.9	2.478	2.376	4.1
	8.H.09	5.9	9.1	80.1	2.409	2.5	2.471	2.373	98.5	2.472	2.382	3.6
	10.H.08	6.1	7.4	80.0	2.371	3.5	2.460	2.318	97.8	2.456	2.344	4.6
	13.A.07	5.9	7.9	81.6	2.420	1.4	2.462	2.380	98.3	2.475	2.393	3.3
	14.A.06	5.9	8.5	85.2	2.421	1.4	2.470	2.396	99.0	2.487	2.395	3.7
	16.K.06	5.1	7.6	61.0	2.346	6.4	2.473	2.274	96.9	2.480	2.359	4.9
10	17.K.07	6.0	9.6	79.7	2.401	2.3	2.440	2.356	98.1	2.449	2.369	3.3
	1.K.01	6.3	8.3	67.4	2.316	5.5	2.446	2.276	98.3	2.452	2.326	5.1
	3.K.05	6.6	10.7	78.6	2.373	2.6	2.432	2.314	97.5	2.435	2.361	3.0
	11.A.01	6.3	9.2	65.9	2.376	2.6	2.457	2.270	95.5	2.462	2.350	4.6
	12.A.02	6.5	12.0	85.8	2.408	1.1	2.456	2.376	98.7	2.456	2.384	2.9
6	15.K.12	6.6	11.9	83.1	2.380	2.2	2.428	2.353	98.9	2.435	2.359	3.1
	18.K.13	7.1	9.2	63.1	2.329	3.9	2.427	2.199	94.4	2.416	2.338	3.2
	19.K.14	7.1	9.7	63.7	2.353	3.4	2.432	2.188	93.0	2.440	2.345	3.9
	20.K.15	7.1	9.2	64.3	2.382	3.4	2.458	2.210	92.8	2.466	2.386	3.2

D. Messung der Dickenänderungen

14. Permascope-Messungen

Die permanent-magnetische Dickenmessung mit dem Gerät Permascope EC bietet den Vorteil, dass nur die Dicke der zu untersuchenden Schicht gemessen wird. Einflüsse der unteren Schichten auf die Messungen sind ausgeschlossen.

Die aus den Resultaten der einzelnen Messkampagnen errechneten Schichtdicken-Verminderungen sind in den nachfolgenden Abb. 13 - 28 dargestellt. Vorerst können nur die Verminderungen der Schichtdicken im Sommer und im Winter unterschieden werden. In den Abb. 29 - 32 sind die gesamten Dickenänderungen bis zur letzten Messkampagne aufgetragen.

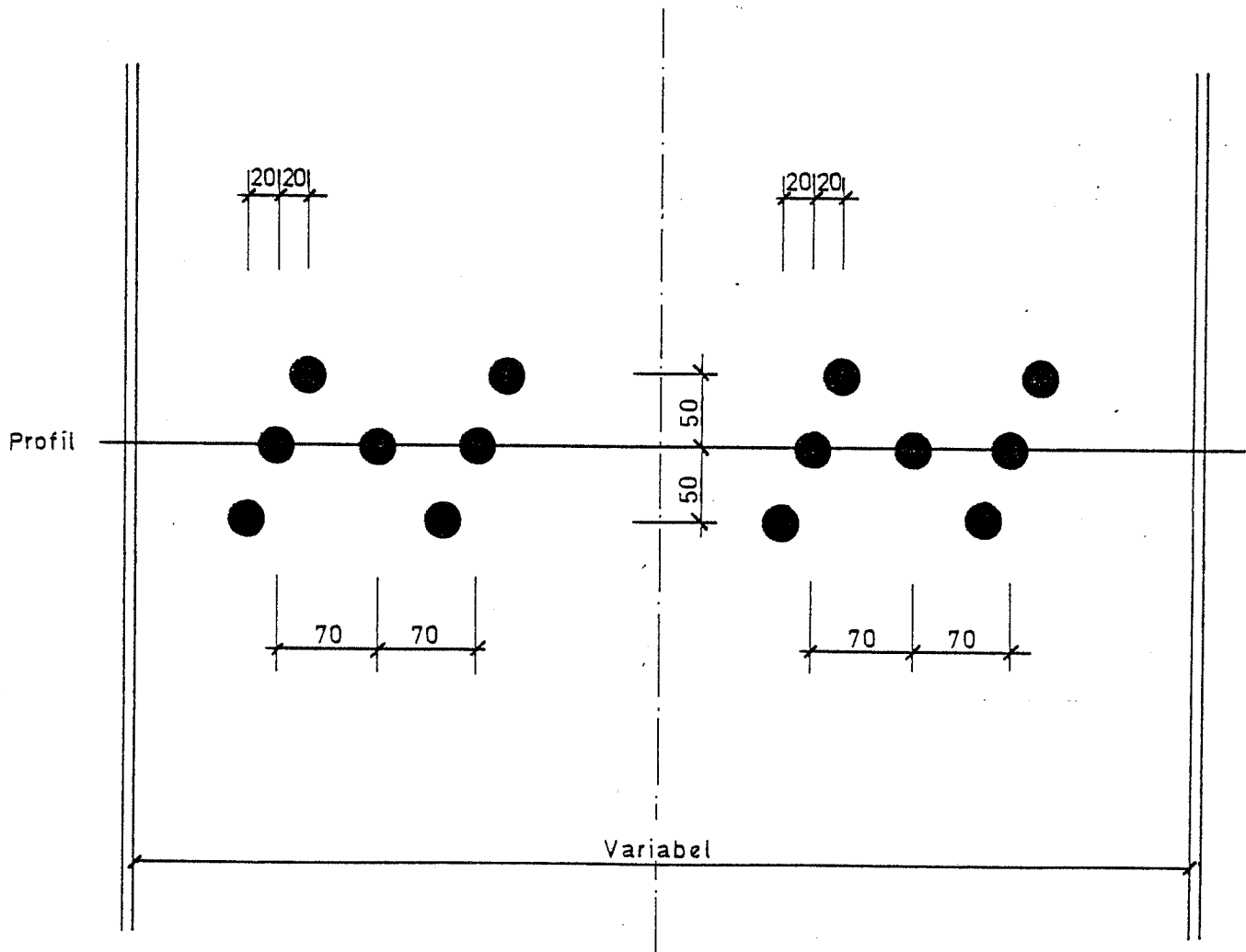


Abb.12 Schema der Messplattenanordnung in einem Profil

Dickenänderungen gemäss Permascope-Messungen

Anschluss Kiesen (Zubringer N6)

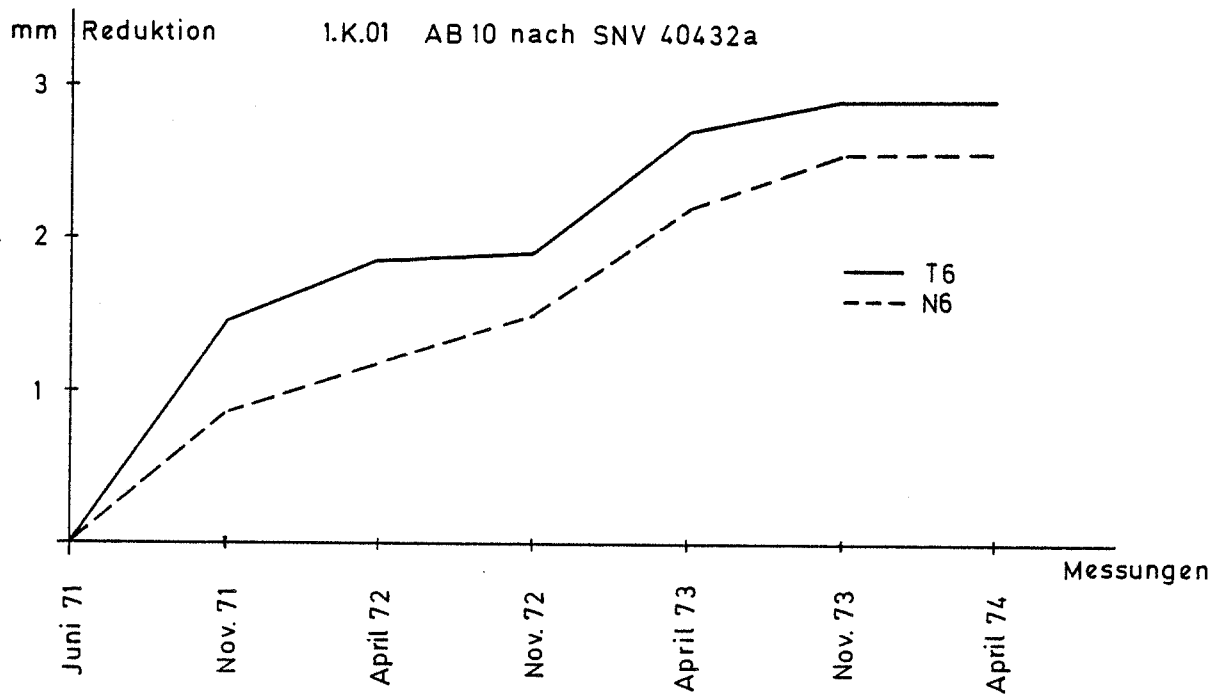


Abb.13

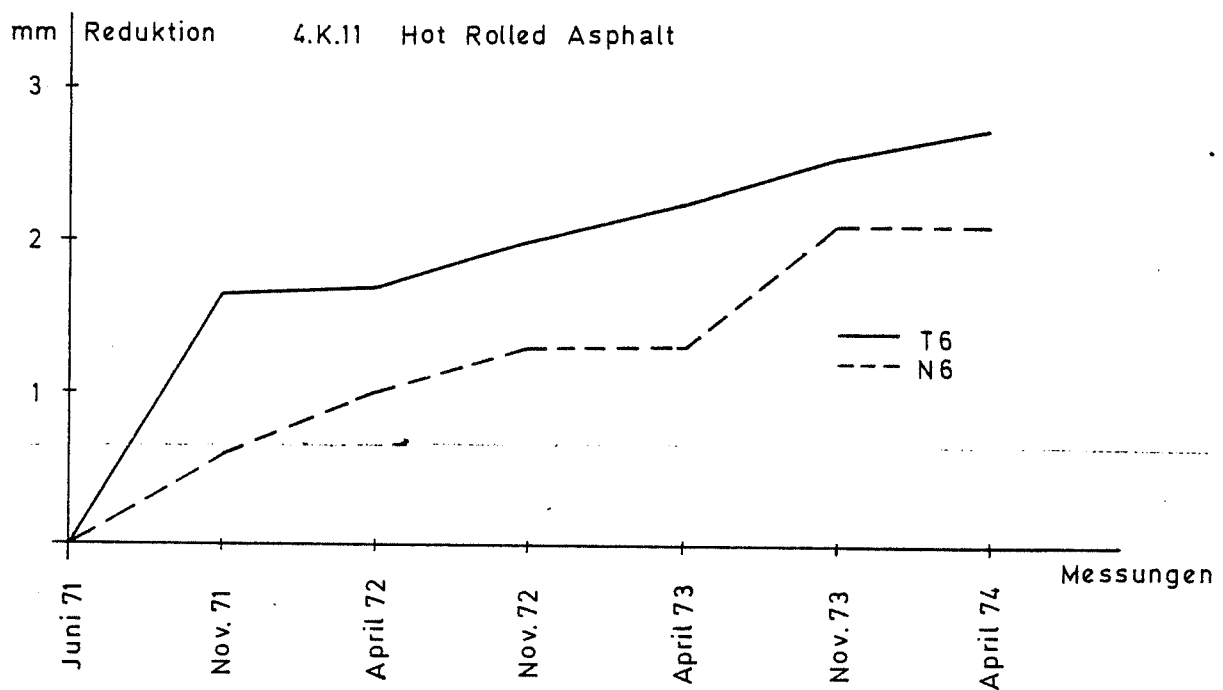
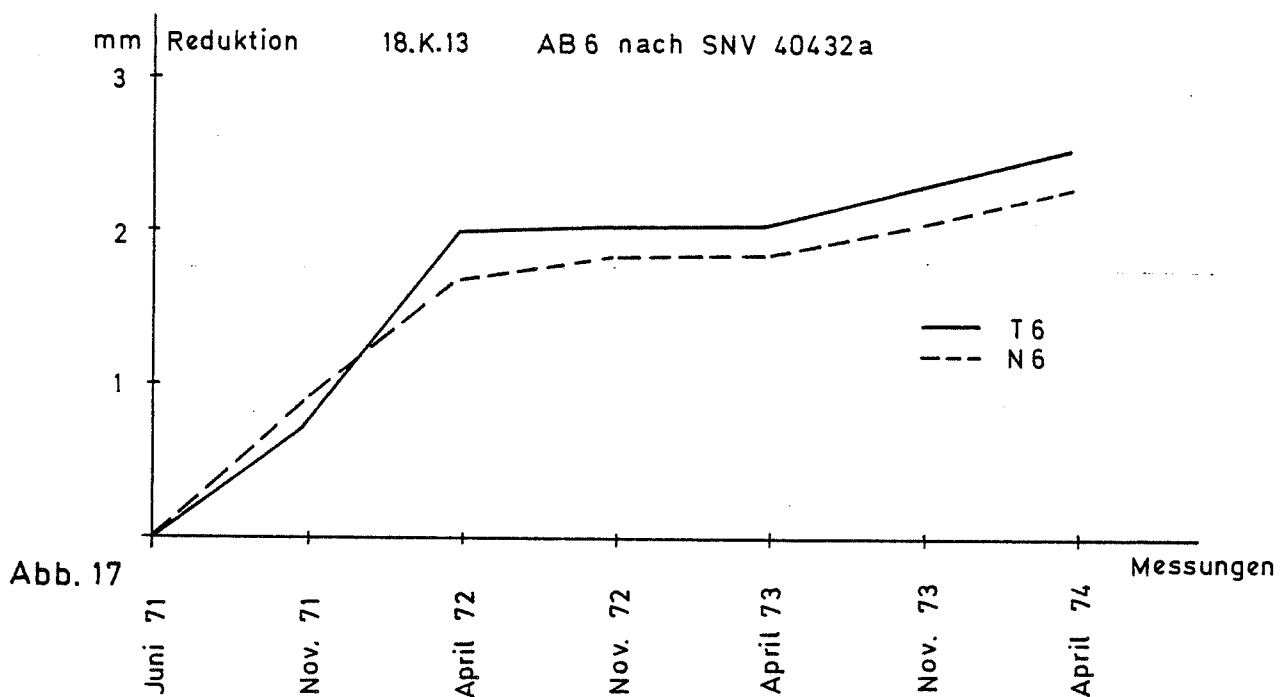
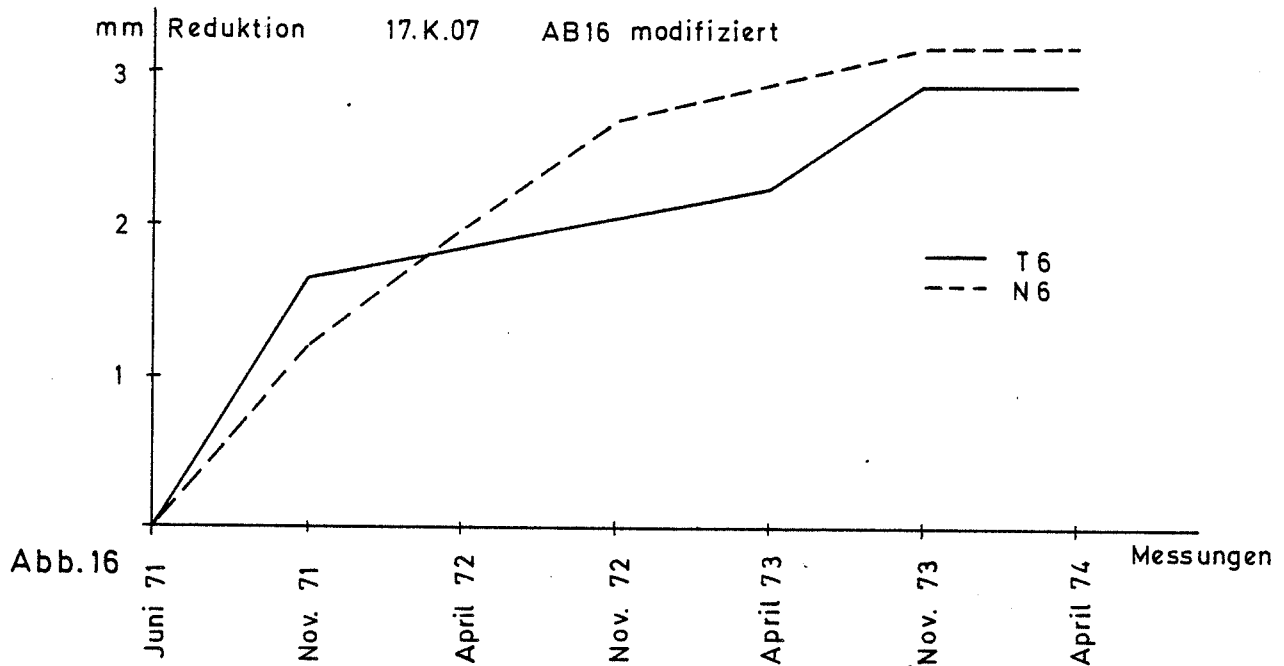
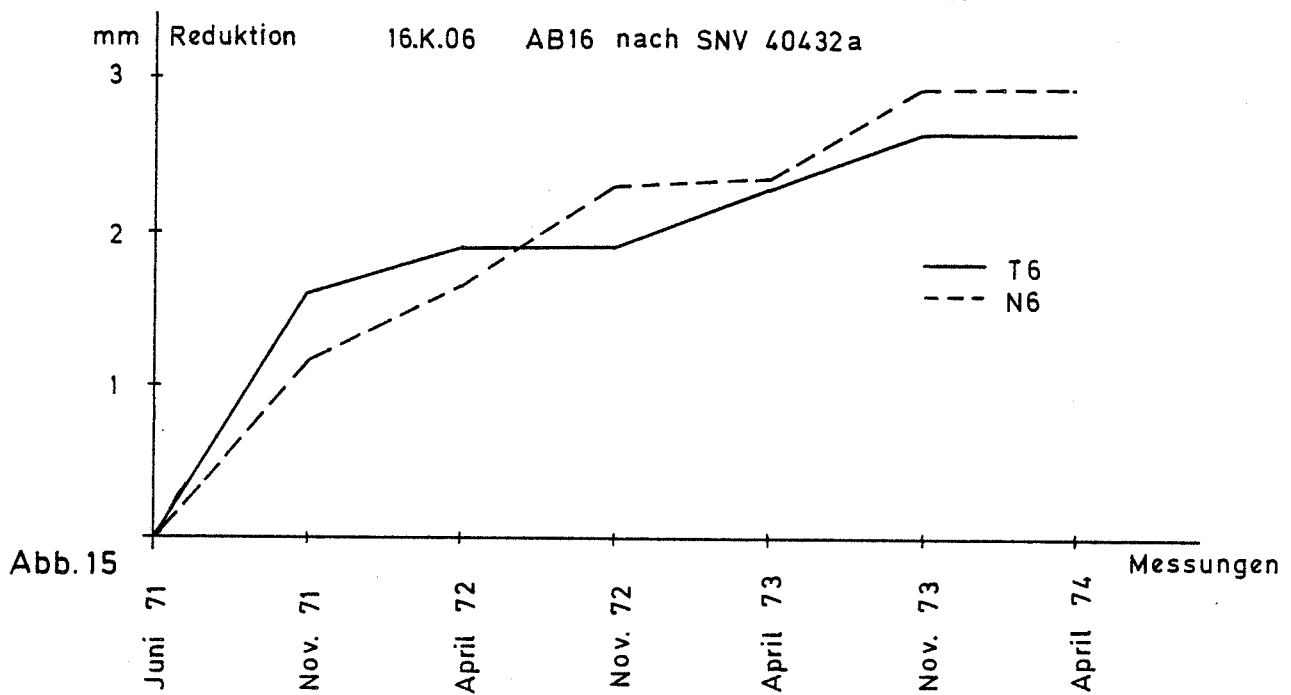


Abb.14



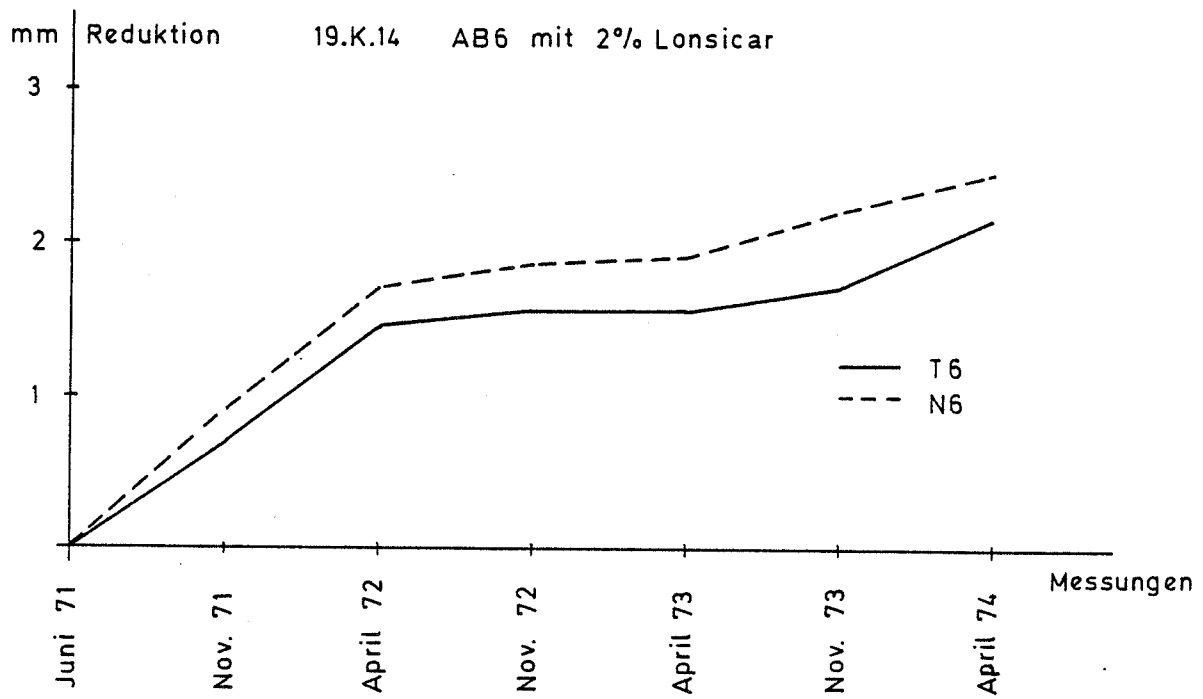


Abb. 18

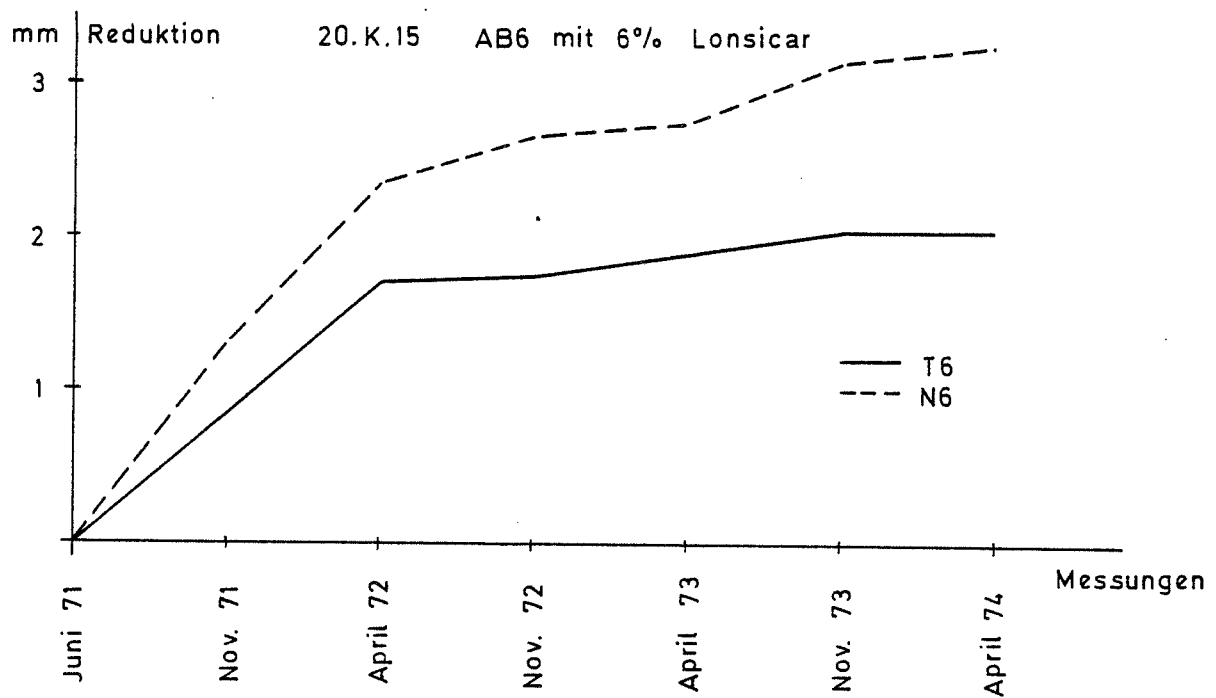


Abb. 19

Anschluss Kiesen (Bernstrasse T6)

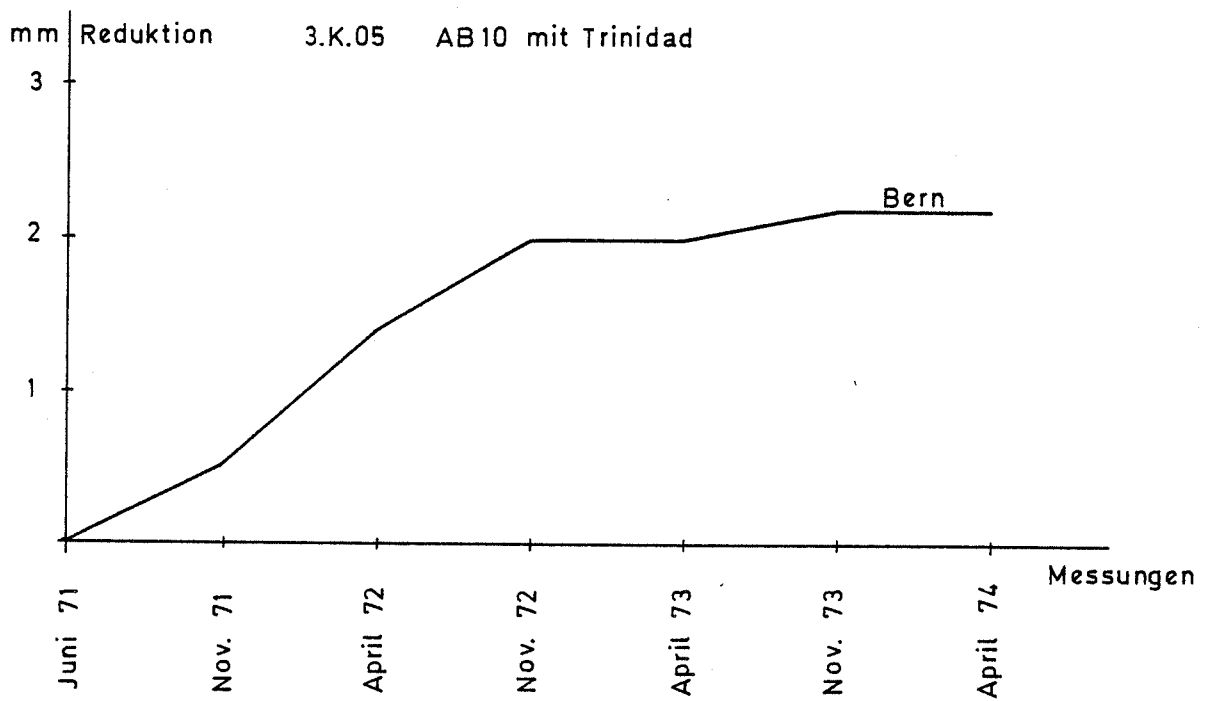


Abb. 20

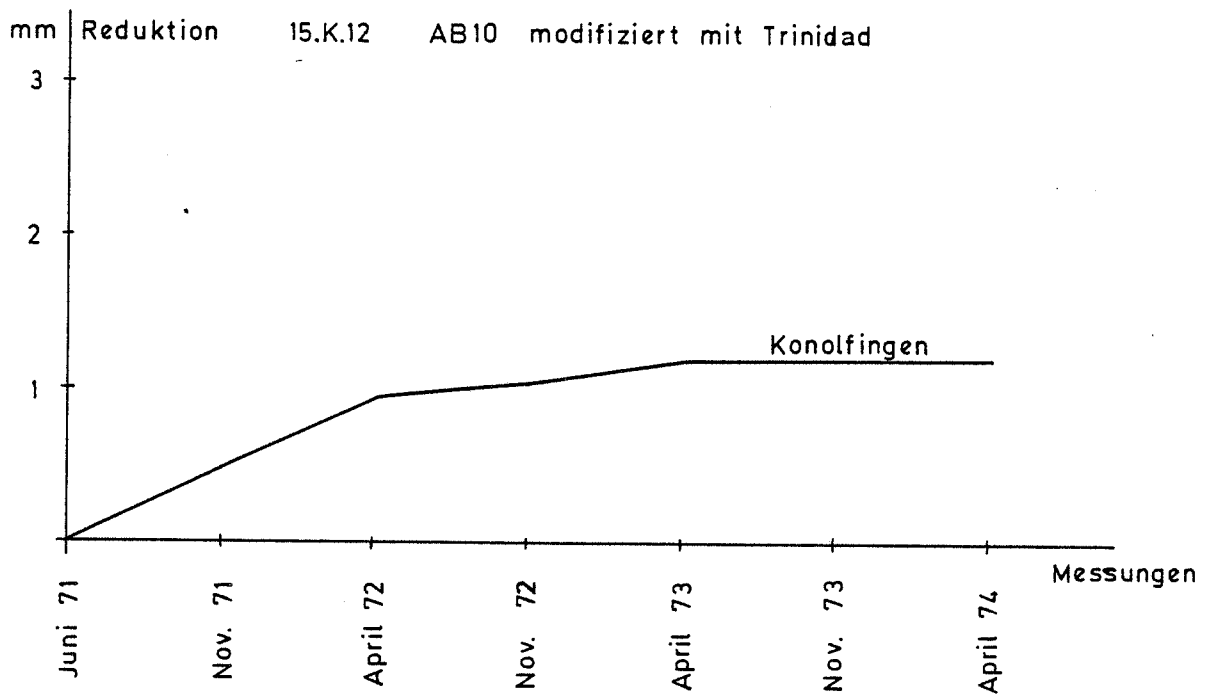


Abb. 21

Anschluss Heimberg

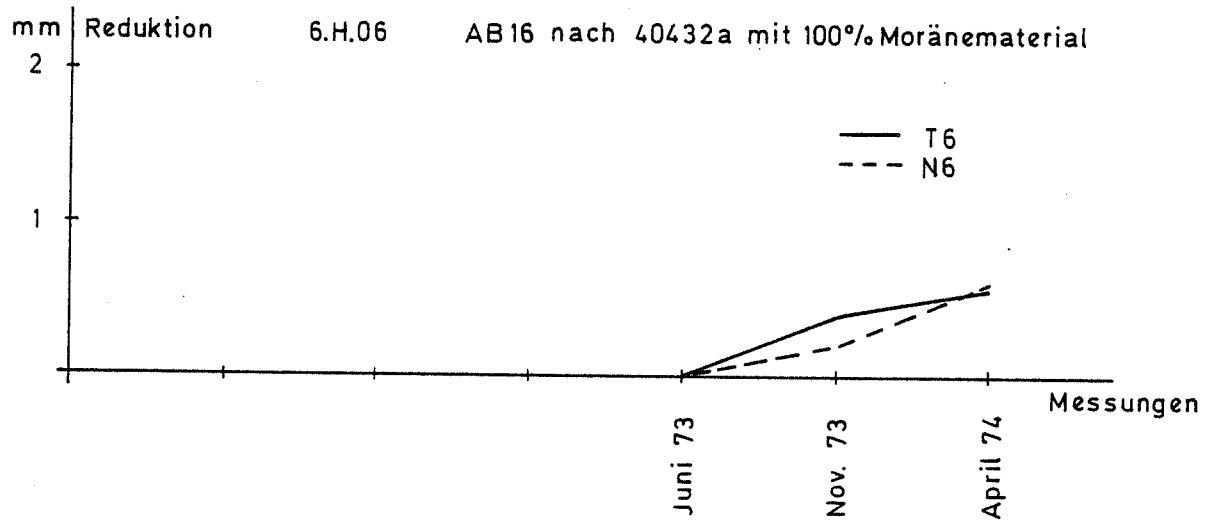


Abb.22

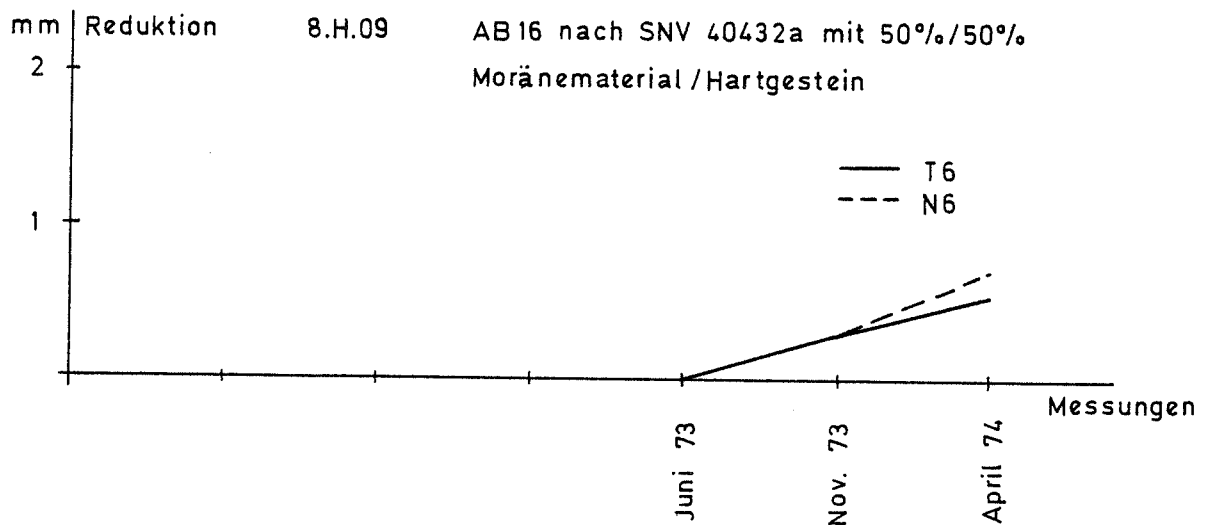


Abb.23

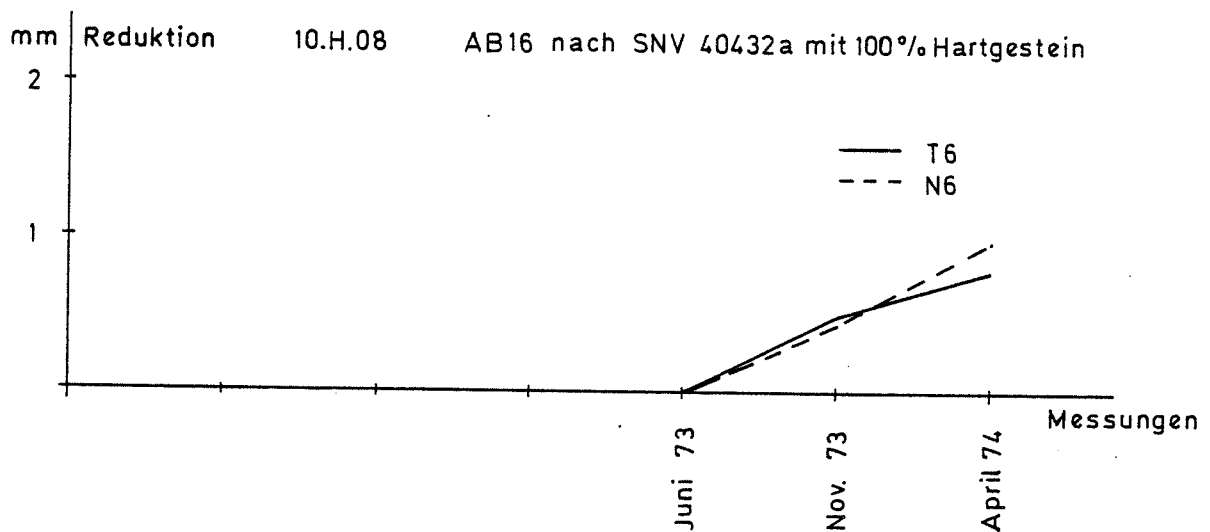


Abb.24

Anschluss Allmendingen

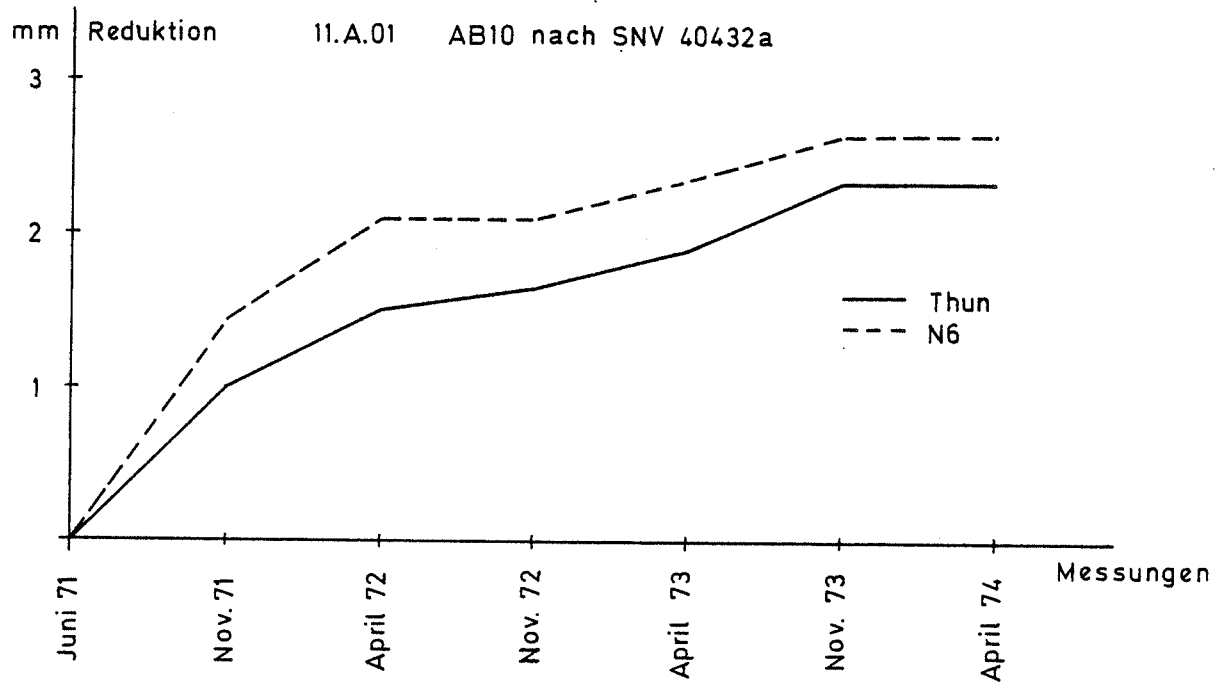


Abb.25

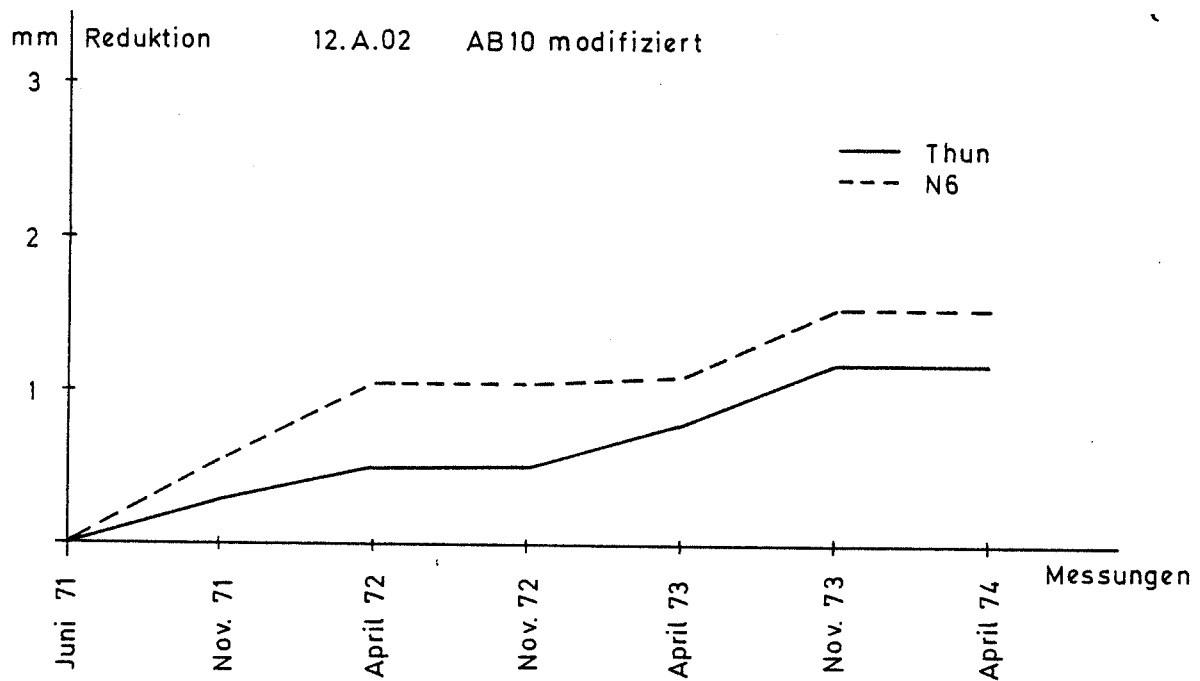


Abb.26

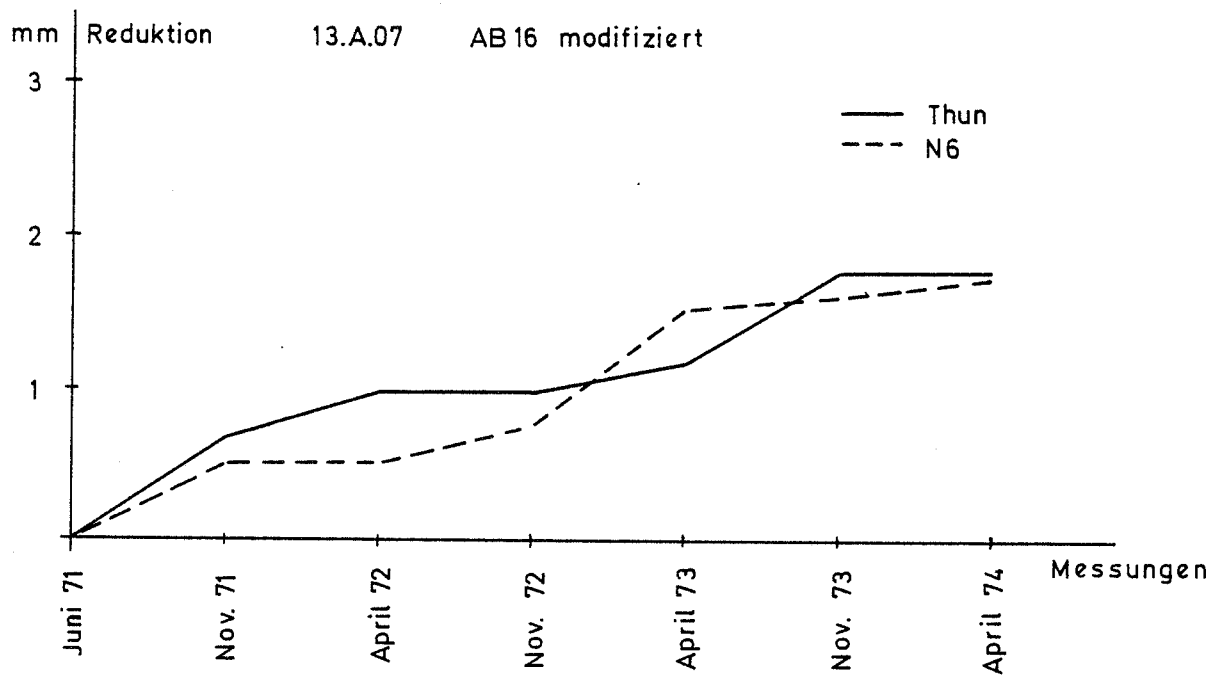


Abb. 27

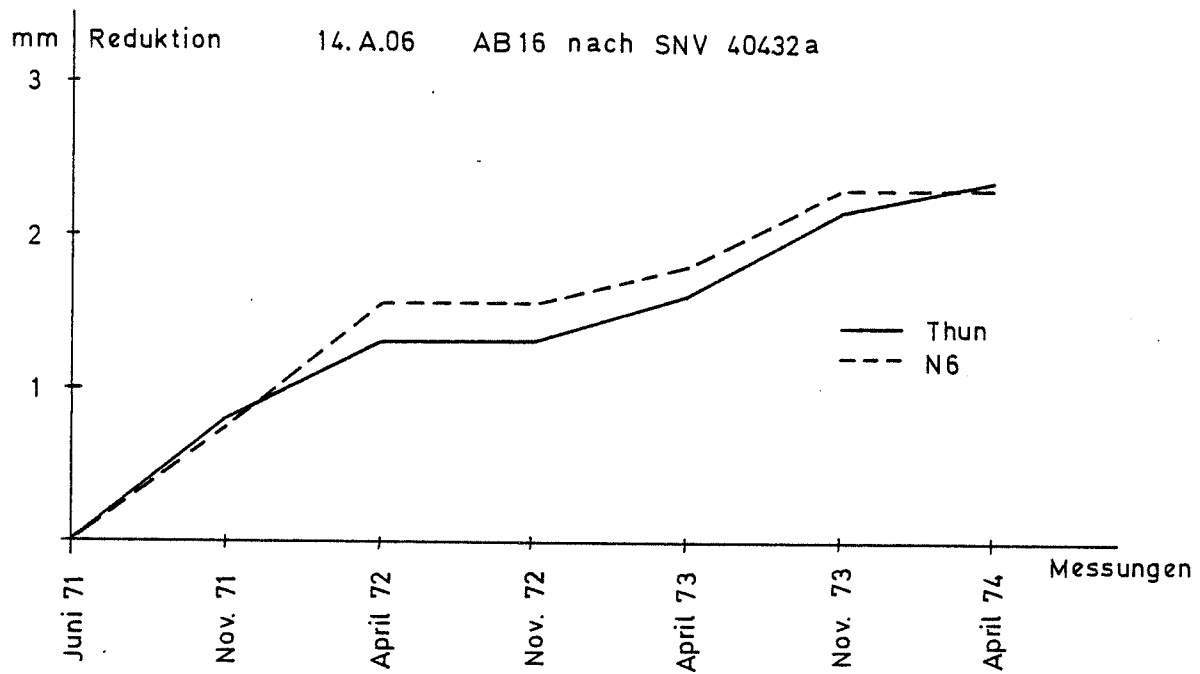
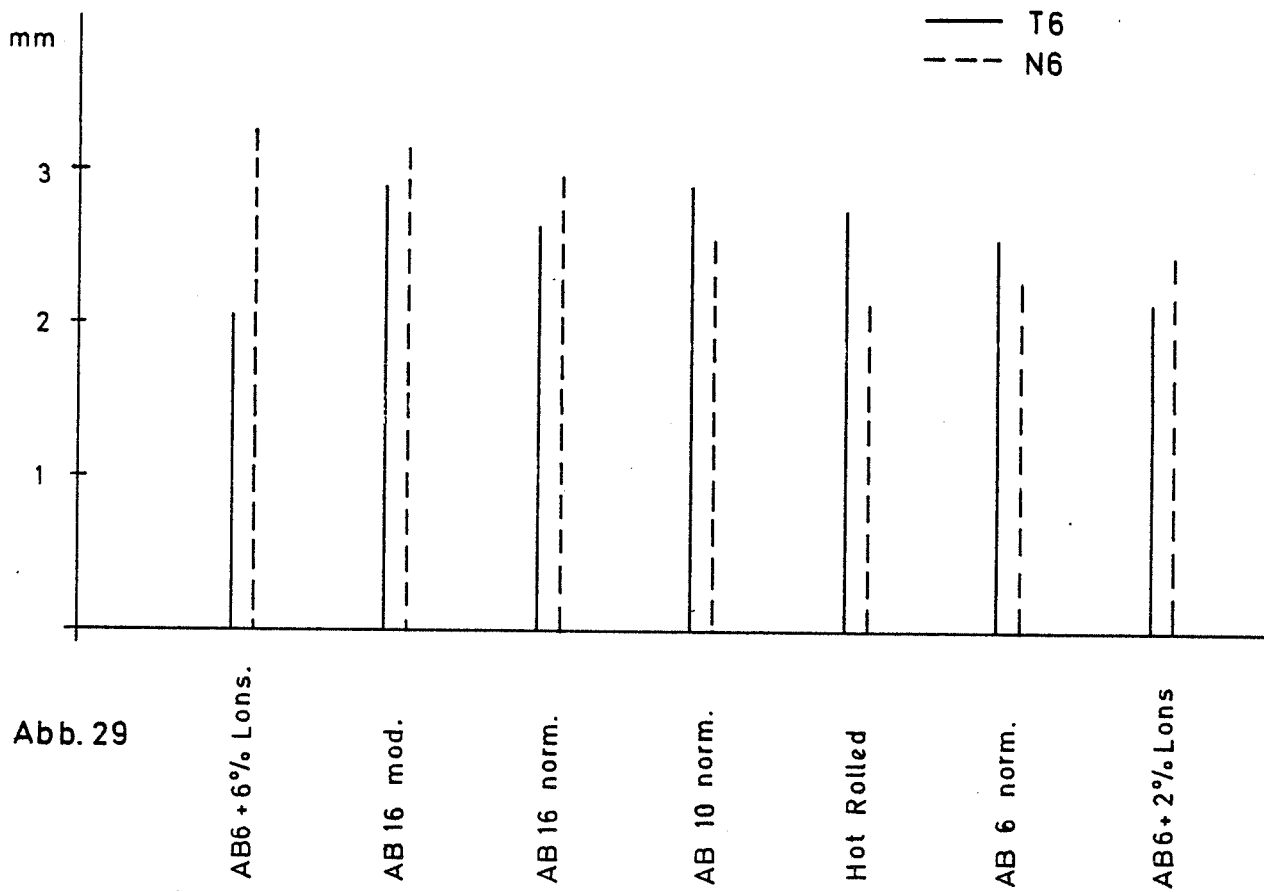


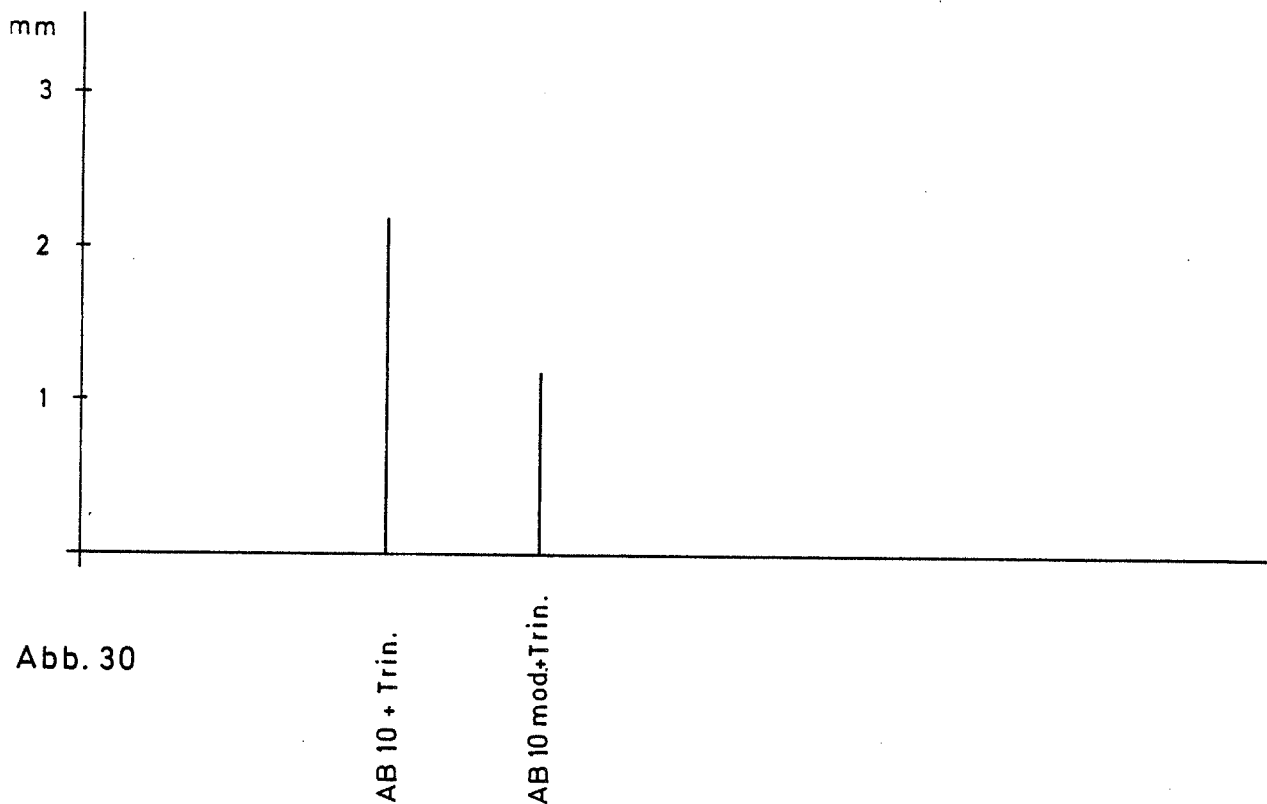
Abb. 28

Gesamte Dickenänderung gemäss Permascope-Messungen

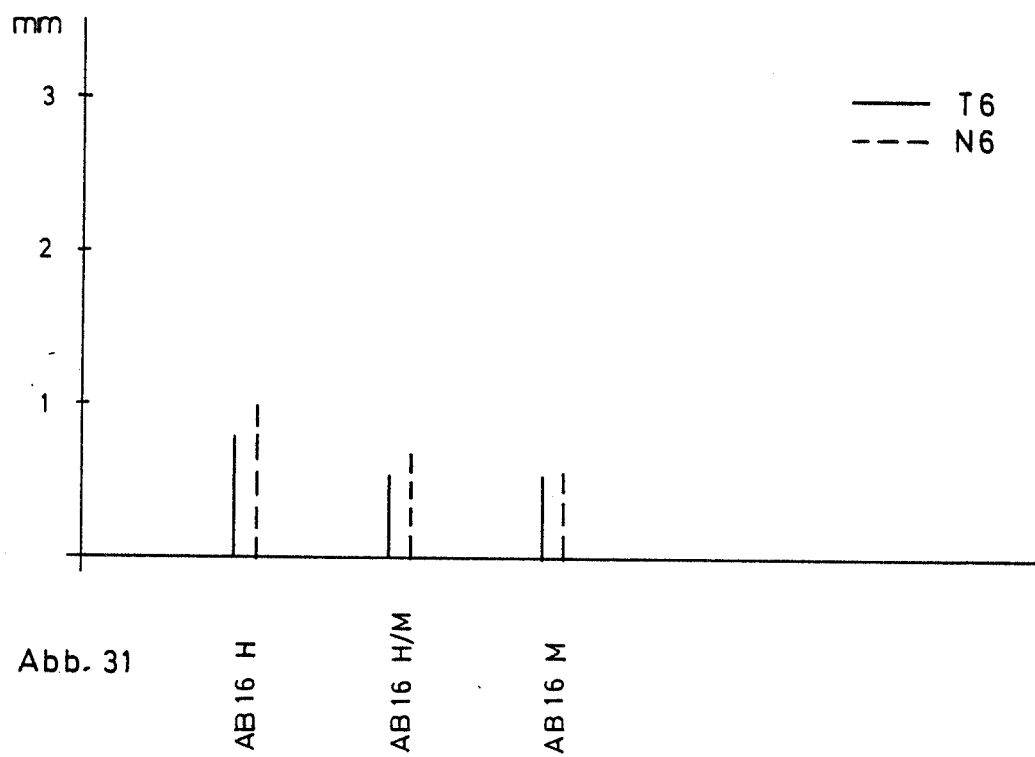
Anschluss Kiesen (Zubringer N6)



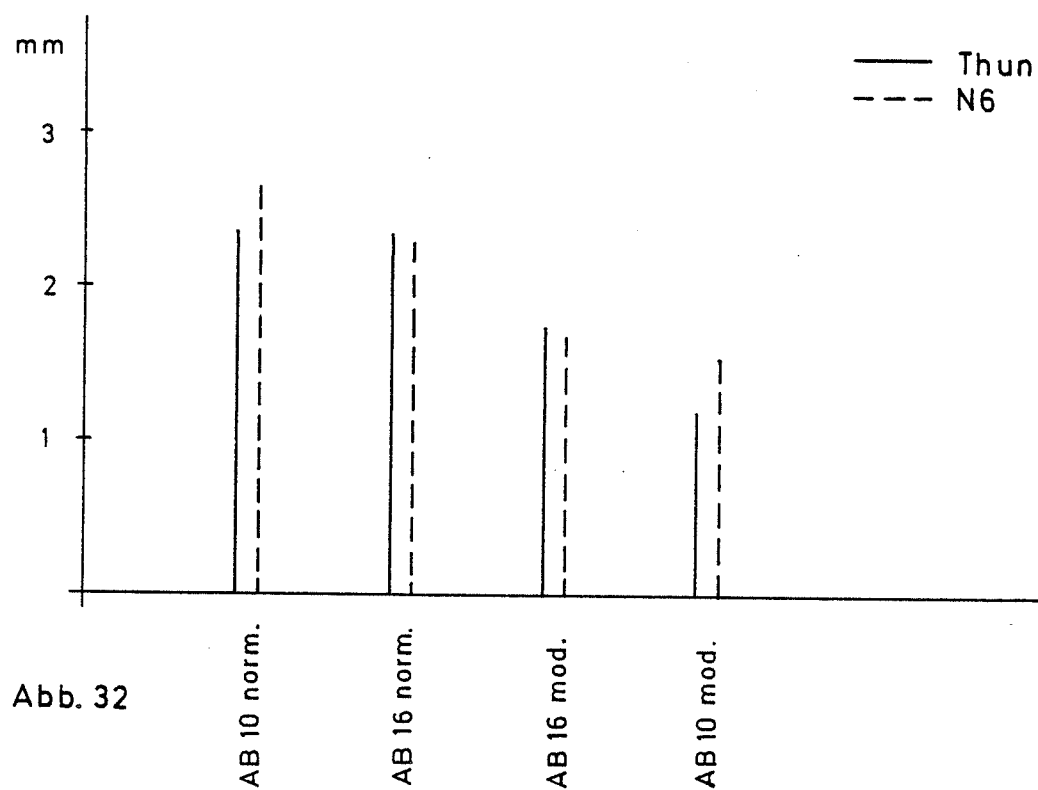
Anschluss Kiesen (Bernstrasse T6)



Anschluss Heimberg



Anschluss Allmendingen



15. Bolzen-Messungen

Das "Institut für Strassen- und Untertagbau (ISETH)" ETHZ, hat mittels in den Belag eingelassenen Bolzen direkte Messungen der Dickenänderung durchgeführt (ISETH-Bericht Nr. S 107 vom 15. April 1975). Die Resultate stimmen mit den Permascope-Messungen ziemlich gut überein. Da für die Permascope-Messungen pro Versuchsbelag 3 Messprofile zur Verfügung standen, gegenüber einem Profil bei den Messbolzen, haben wir auf eine separate Aufzeichnung dieser Messungen verzichtet.

16. Planums-Aufnahmen

Parallel zur Messung der Schichtdickenänderungen wurden Planumsmessungen durchgeführt. Bei der Auswertung erwiesen sich aber diese Messungen in Anbetracht der geringen Dickenänderungen der Schichten von im Mittel 2 - 3 mm als zu ungenau. Zudem zeigen die Planumsmessungen auch Setzungen oder Deformationen der unteren Schichten auf, die in diesem Zusammenhang nicht interessieren. Deshalb wurden diese Messungen nicht weiter verwertet.

E. Griffigkeitsmessungen

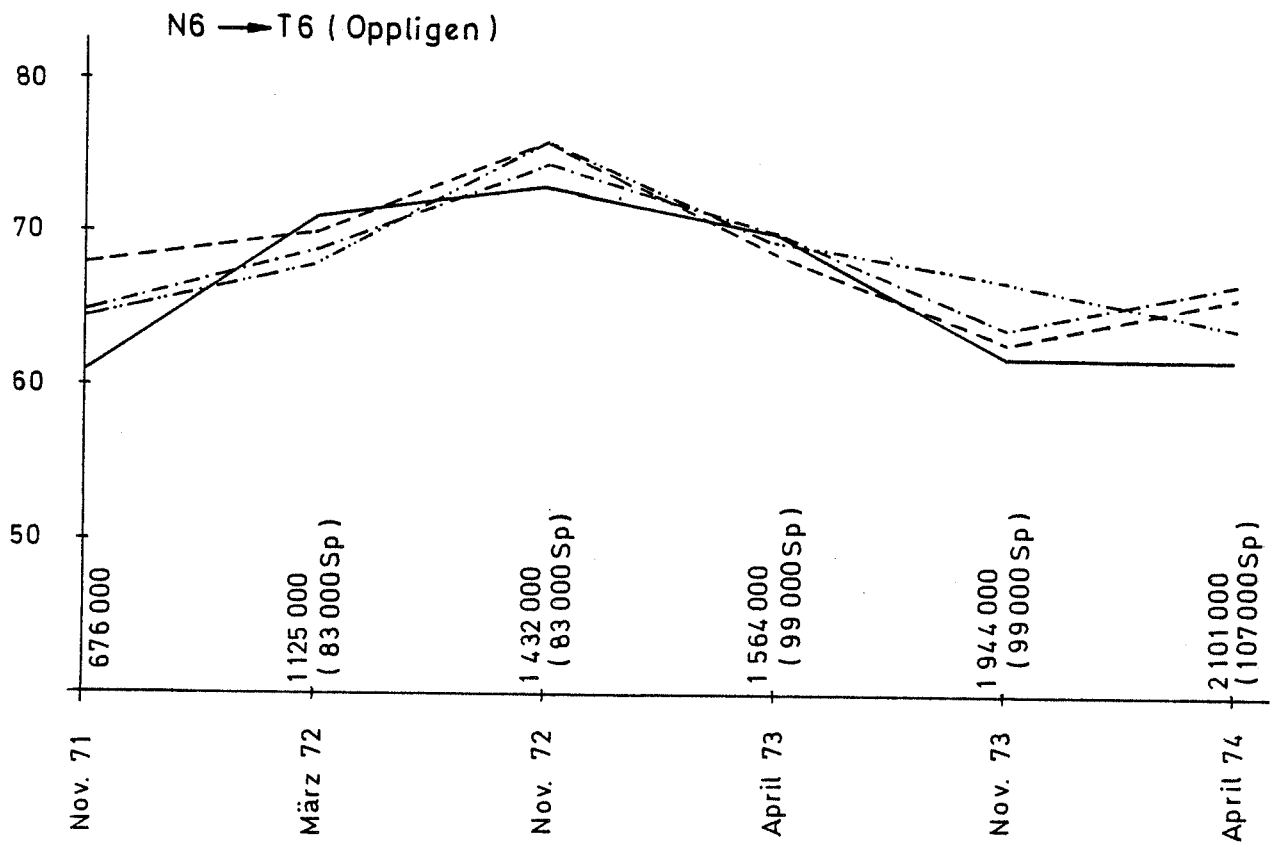
17. SRT-Messungen

Die Messungen wurden vom Labor des Kantonalen Autobahnamtes gemäss SNV 640 510 vorgenommen, und zwar jeweils getrennt in beiden Fahrtrichtungen. Eine Ausnahme bildeten die beiden Versuchsbeläge auf der Bernstrasse T6 im Anschluss Kiesen, wo sich die Beläge nur auf jeweils einer Fahrspur befinden: Belag Nr. 3 = Spur Oppligen - Bern, Belag Nr. 15 = Spur Oppligen - Konolfingen. In jeder Fahrtrichtung wurde in 2 Längszonen gemessen, Zone I = 0.80 m, Zone II = 2.20 m vom rechten Strassenrand.

Die Ergebnisse der SRT-Messungen sind in den Abb. 33 - 36 dargestellt. Zur Vereinfachung wurde hierbei jeweils der Mittelwert der Messresultate aus den beiden Längszonen aufgezeichnet. Nicht dargestellt wurden die Ergebnisse der Messungen im Anschluss Heimberg, weil nur 2 Messungen im Abstand von 5 Monaten vorliegen, was zu wenig repräsentativ ist.

Als ergänzende Information sind in den Diagrammen die akkumulierten Verkehrsbelastungen im jeweiligen Zeitpunkt angegeben (vergl. auch Tabelle 6).

Zu den Ergebnissen kann allgemein gesagt werden, dass bei der ersten Messung im Herbst 1971 fast 90% der Beläge einen SRT-Wert ≥ 60 aufwiesen. Bei der letzten Messung im Frühjahr 1974 wiesen noch 2/3 aller Beläge einen SRT-Wert von ≥ 60 auf. Kein einziger Belag wies einen SRT-Wert < 55 auf.



—	1.K.01	AB10 normal
- - -	18.K.13	AB 6 normal
- . - . -	19.K.14	AB 6 2% Lonsicar
.....	20.K.15	AB 6 6% Lonsicar

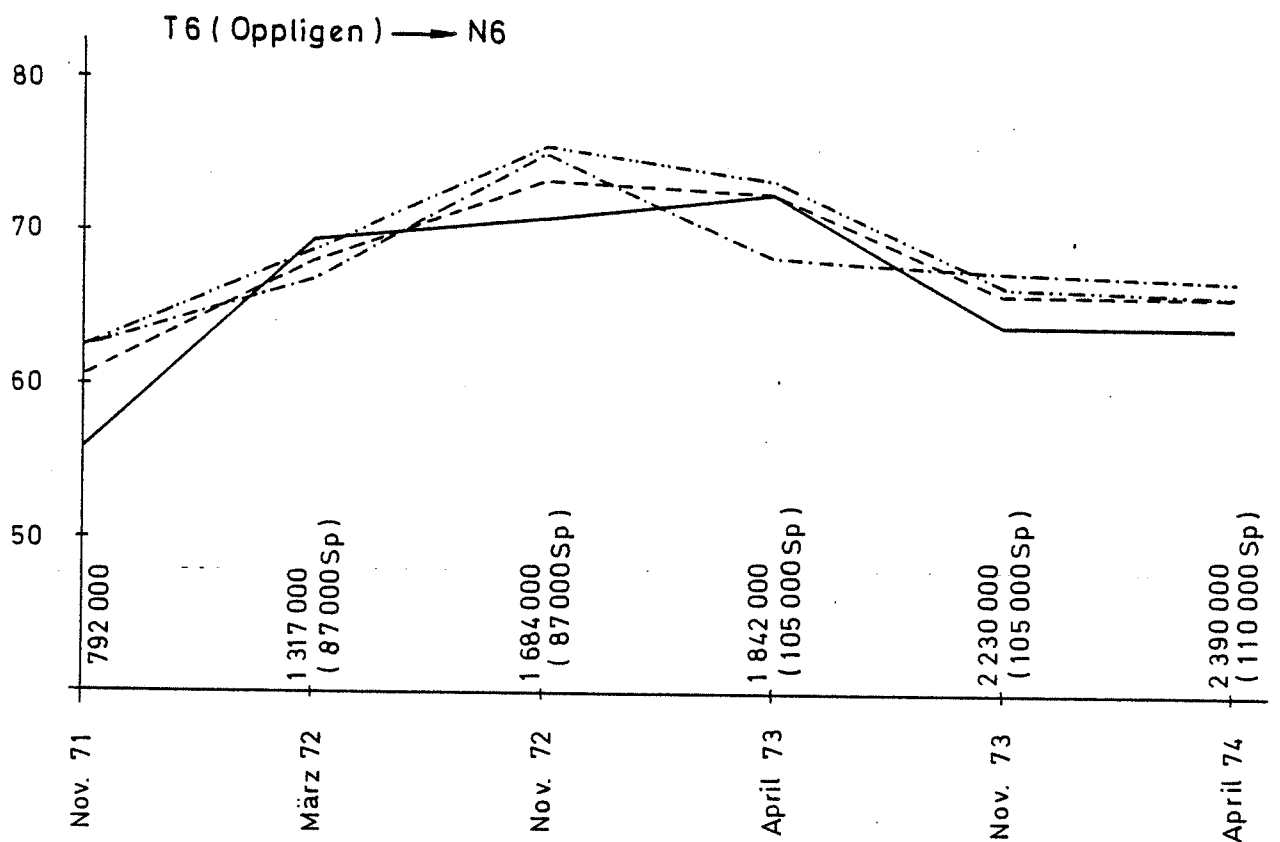


Abb.33 SRT-Messungen / Anschluss Kiesen (Zubringer) 1. Teil

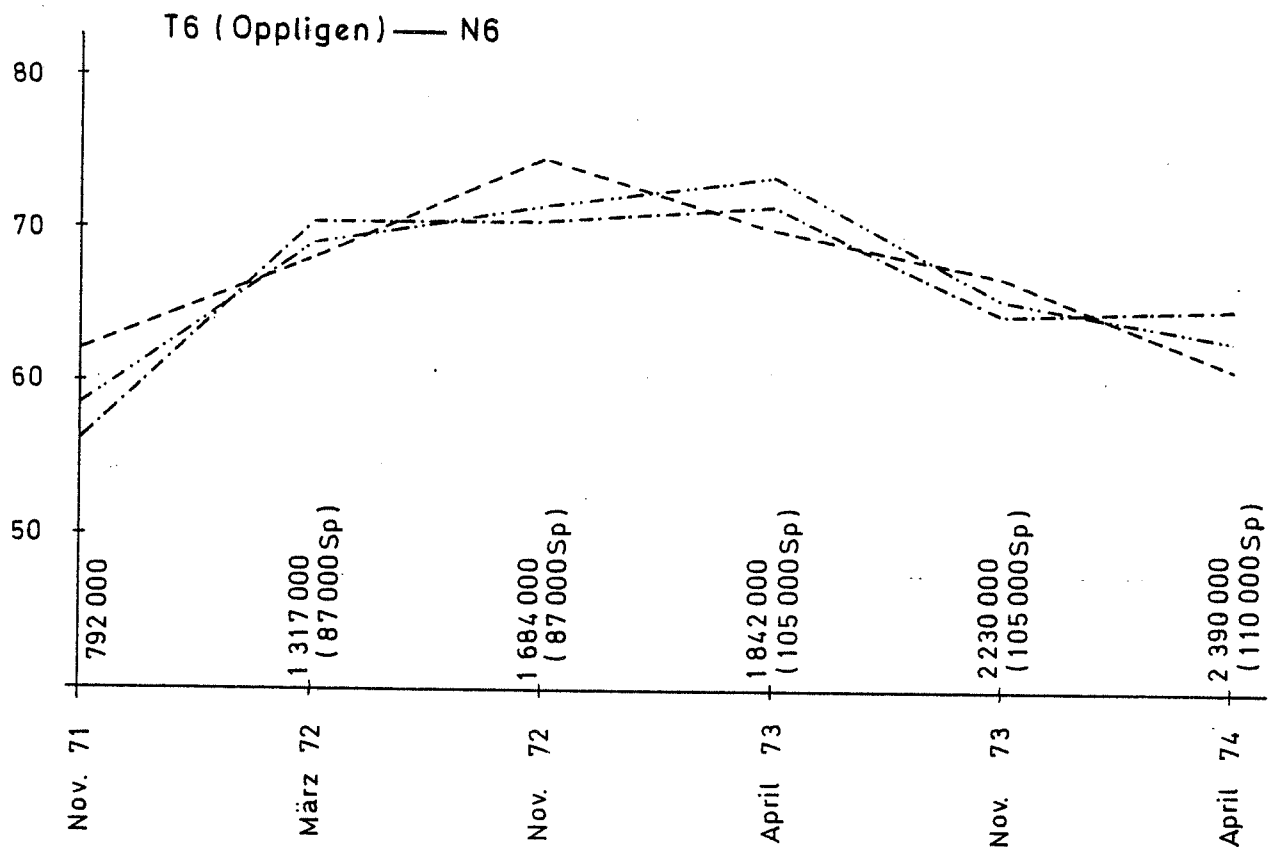
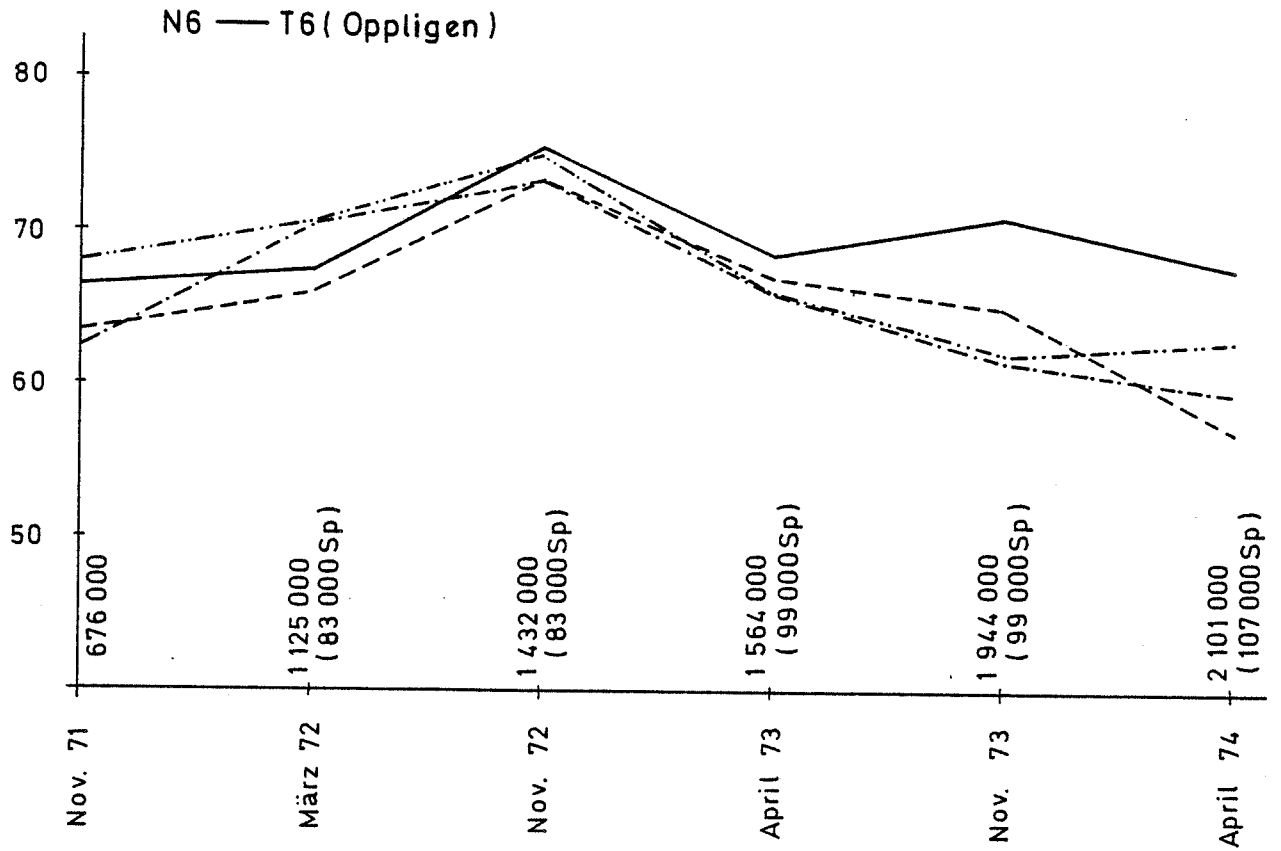


Abb.34 SRT Messungen / Anschluss Kiesen (Zubringer) 2. Teil

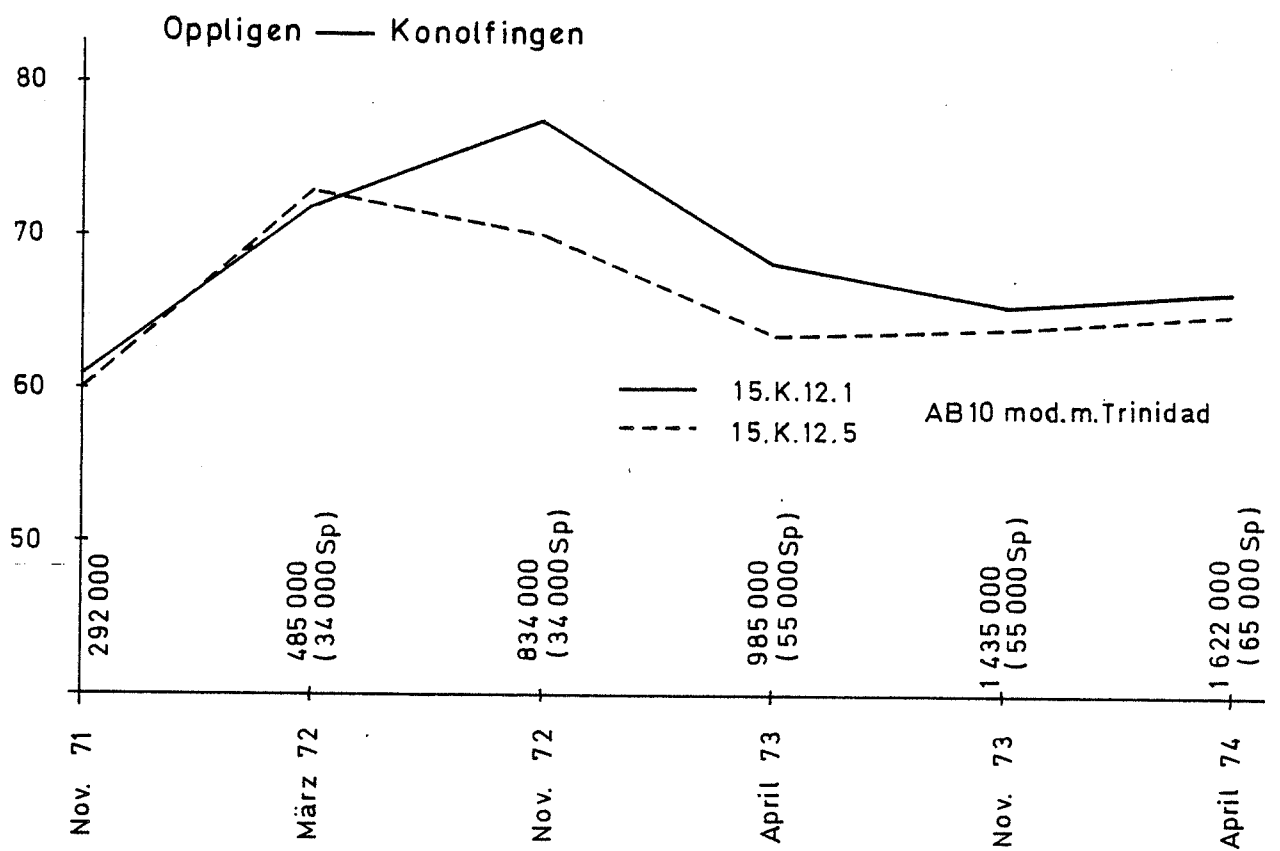
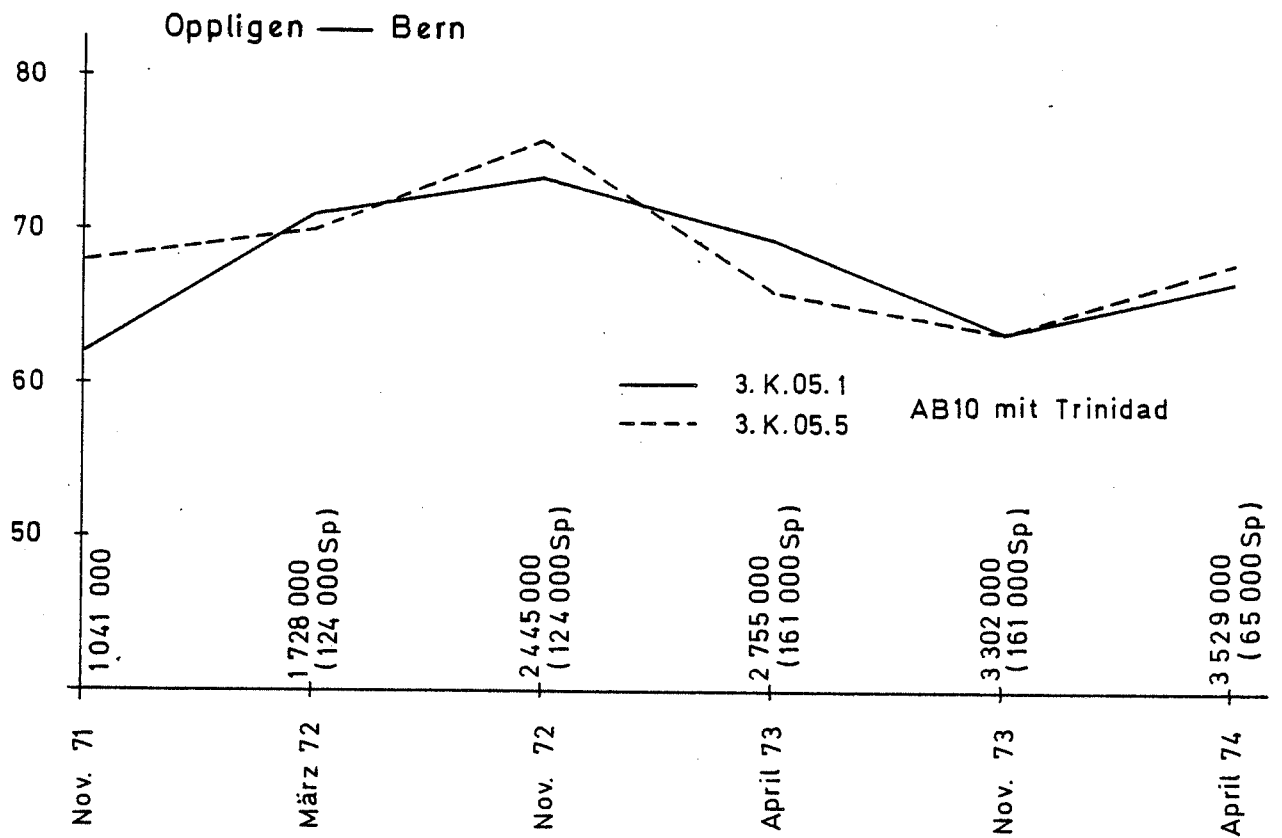


Abb.35 SRT Messungen / Anschluss Kiesen (Bernstrasse T6)

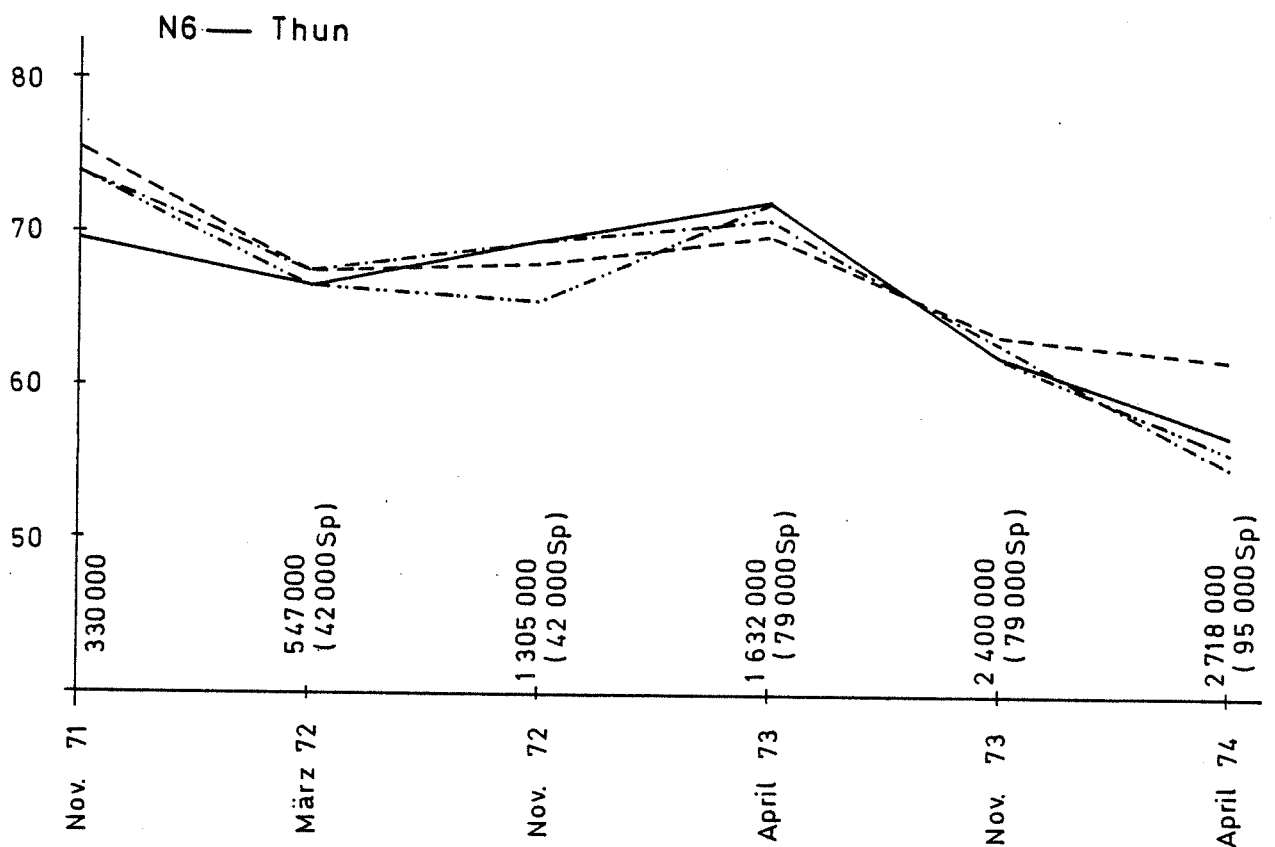
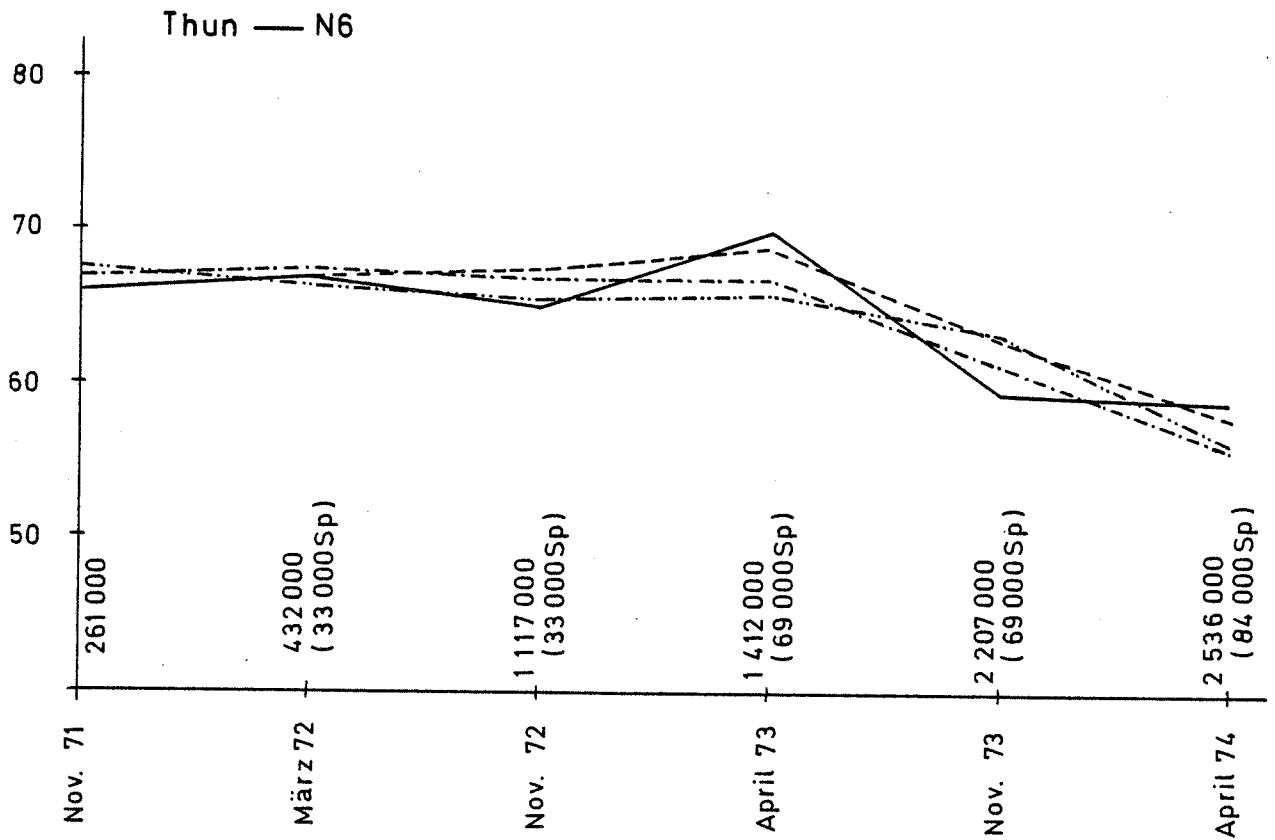


Abb. 36 SRT Messungen / Anschluss Allmendingen

18. Skiddometer-Messungen

Die Skiddometer-Messungen des ISETH auf den Anschlüssen Kiesen und Allmen-
dingen wurden jeweils in 4 Varianten durchgeführt:

- mit blockiertem Rad bei 60 km/h
- mit blockiertem Rad bei 80 km/h
- mit Schlupf bei 60 km/h
- mit Schlupf bei 80 km/h

Die Ergebnisse dieser Messungen sind im ISETH-Bericht S 107 vom 15. April 1975 zusammengefasst. Für den Forschungsauftrag wurden nur die Resultate von einer der Varianten berücksichtigt, nämlich diejenige mit blockiertem Rad bei 60 km/h; dies entspricht der heute üblichen Methode auf Strassen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit zwischen 60 und 100 km/h.

In den Abb. 37 - 39 sind die Ergebnisse der Skiddometer-Messungen graphisch dargestellt. Man ersieht daraus, dass die Anfangsgriffigkeiten im allgemeinen gut sind, rund 85% der Werte liegen zwischen 0.50 und 0.65. Bei den Schlussmessungen liegen die meisten Werte zwischen 0.40 und 0.50. Drei Werte sind höher als 0.50, zwei Werte niedriger als 0.40.

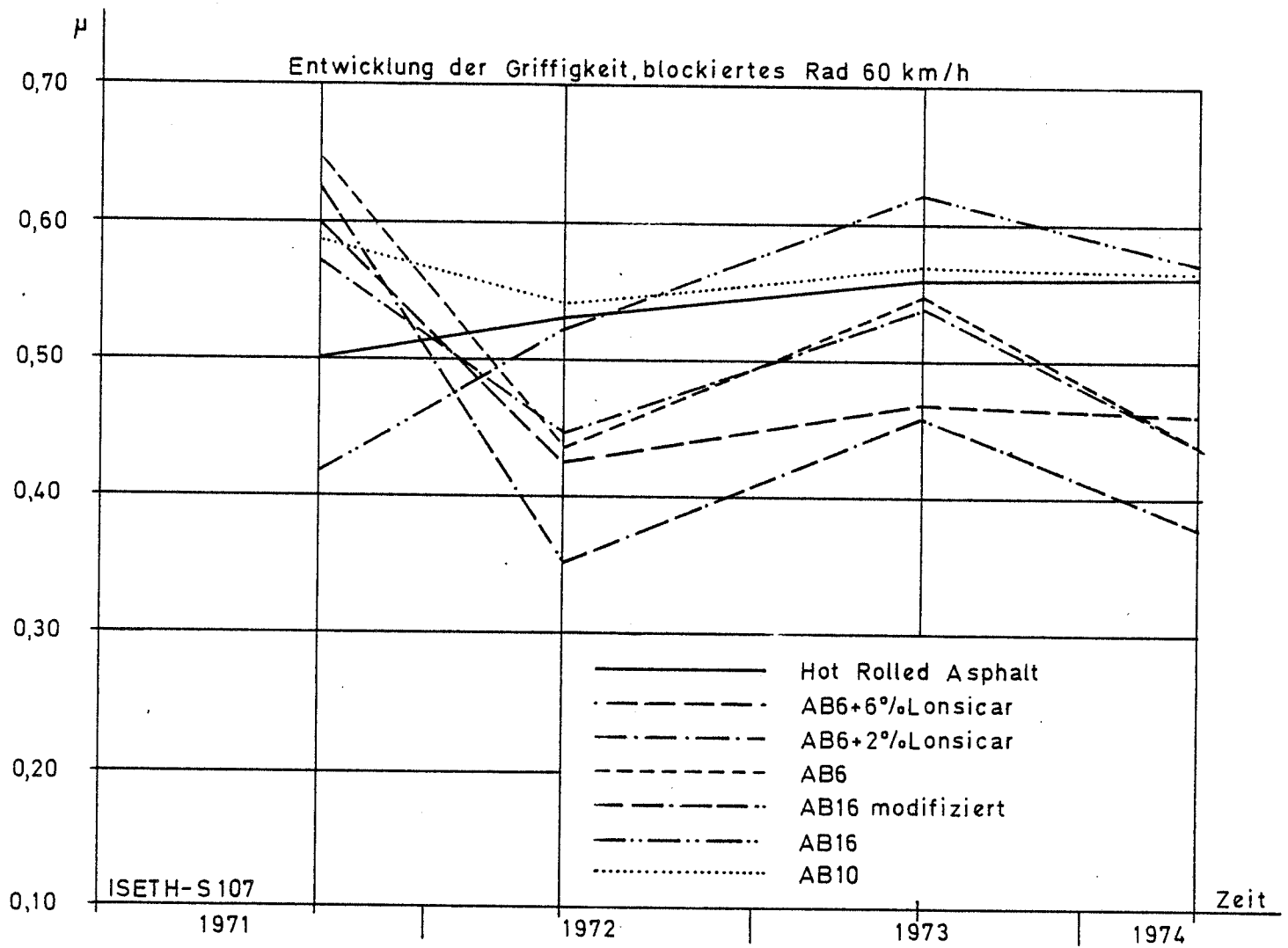


Abb. 37 Skiddometer-Messung / Anschluss Kiesen (Zubringer)

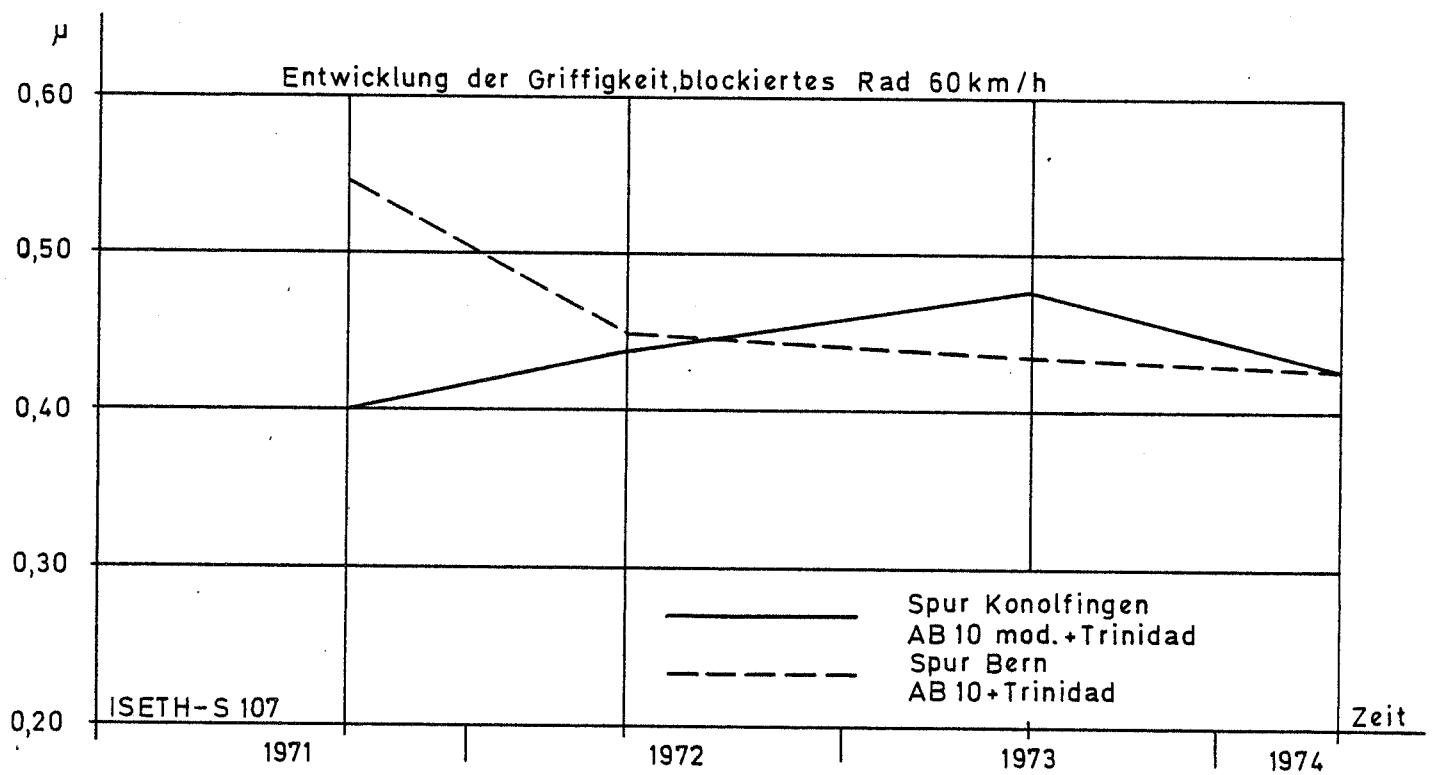


Abb. 38 Skiddometer-Messung / Anschluss Kiesen (Bernstrasse T6)

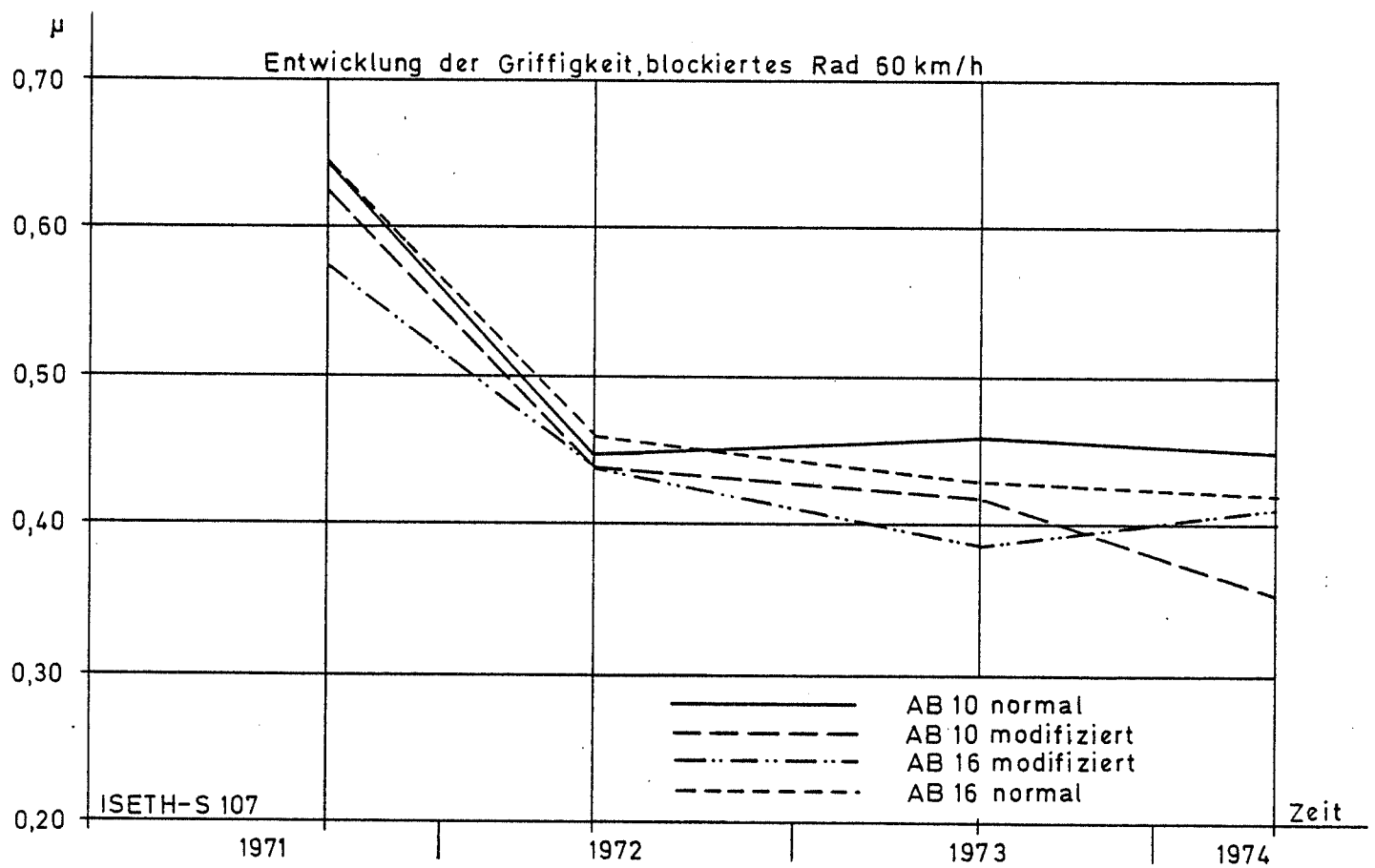


Abb. 39 Skiddometer-Messung / Anschluss Allmendingen

F. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

19. Umrechnung der Dickenänderungen auf einheitliche Verkehrsbelastungen

Um einen Vergleich des Verhaltens der Versuchsbeläge anstellen zu können, mussten die infolge unterschiedlicher Verkehrsbelastung entstandenen Dickenänderungen auf eine einheitliche Belastung umgerechnet werden. Als Basis dienten die mittels Permascope-Messungen ermittelten gesamten Dickenänderungen bis Frühjahr 1974, getrennt nach Winter- und Sommeranteilen. Zur Umrechnung wurden die Auswertungen der Verkehrszählungen, Tabelle 6, benützt. Für die Winterperioden wurde eine der tatsächlichen Belastung relativ gut entsprechende Zahl von 100'000 spikesbereiften Fahrzeugen gewählt. Für die Sommerperioden diente eine Vergleichsbasis von 1 Million Fahrzeugen. Die umgerechneten Dickenänderungen sind in Tabelle 9 aufgeführt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Beläge im Anschluss Heimberg (Nr. 6, 8, 10) nicht zum Vergleich herangezogen werden können: Infolge der verspäteten Ausführung dieser Beläge konnten nur die im ersten Jahr nach dem Einbau etwas erhöhten Dickenänderungen gemessen werden. Die durch die Umrechnung entstandene Extrapolation dieser Anfangswerte ergab eine Gesamtdickenänderung, die nicht als repräsentativ zu betrachten ist.

Tabelle 9: Umrechnung der Dickenänderungen auf einheitliche Verkehrsbelastung

Versuchsbelag		Schichtdicke nach Einbau mm	Dickenänderung Winter		Dickenänderung Sommer	
Korn mm	Code		Effektiv Frühjahr 1974 mm	Auf 100'000 spikesbereiften Fz mm	Effektiv Frühjahr 1974 mm	Auf 1'000'000 Fz mm
16	4.K.11	39.63	0.45	0.42	1.98	1.38
	6.H.06	35.63	0.28	1.86*	0.30	0.75*
	8.H.09	35.09	0.33	2.22*	0.30	0.75*
	10.H.08	35.39	0.43	2.89*	0.47	1.19*
	13.A.07	33.71	0.68	0.77	1.05	0.58
	14.A.06	34.48	1.02	1.15	1.30	0.73
	16.K.06	37.29	0.57	0.53	2.23	1.53
10	17.K.07	36.84	0.70	0.60	2.33	1.61
	1.K.01	40.61	1.13	1.04	1.60	1.11
	3.K.05	32.67	0.90	0.53	1.30	0.56
	11.A.01	33.70	0.83	0.93	1.68	0.94
	12.A.02	30.87	0.53	0.60	0.85	0.48
6	15.K.12	28.69	0.60	0.93	0.60	0.55
	18.K.13	15.58	1.28	1.18	1.15	0.79
	19.K.14	13.69	1.15	1.06	1.15	0.79
	20.K.15	14.38	1.13	1.04	1.53	1.03

*Nicht repräsentative Extrapolation

20. Die Dickenänderungen infolge Spikesreifen-Beanspruchung

Unter der Annahme, dass die Dickenänderungen im Winter nur infolge Abrieb durch Spikesreifen entstanden sind, andererseits die übrigen Einflussfaktoren vernachlässigbar gering sind, ergibt sich die folgende Rangordnung der Spikesresistenz:

Tabelle 10: Dickenänderungen infolge Spikesreifen-Beanspruchung

Code	Belag	Dickenänderung Winter auf 100'000 Fz mit Spikes mm
4.K.11	Hot Rolled Asphalt mit Trinidad	0.42
3.K.05	AB 10 mit Trinidad-Zusatz	0.53
16.K.06	AB 16 nach SNV 40 432a	0.53
12.A.02	AB 10 modifiziert	0.60
17.K.07	AB 16 modifiziert	0.60
13.A.07	AB 16 modifiziert	0.77
15.K.12	AB 10 modifiziert mit Trinidad-Zusatz	0.93
11.A.01	AB 10 nach SNV 40 432a	0.93
1.K.01	AB 10 nach SNV 40 432a	1.04
20.K.15	AB 6 mit 6% Lonsicar	1.04
19.K.14	AB 6 mit 2% Lonsicar	1.06
14.A.06	AB 16 nach SNV 40 432a	1.15
18.K.13	AB 6 nach SNV 40 432a	1.18

Die nicht repräsentativen Werte der Beläge 6.H.06, 8.H.09, 10.H.08 sind hier nicht mehr aufgeführt.

21. Die Dickenänderungen infolge Verformung

Die Reduktion der Hohlraumgehalte von 1971 - 1974 gemäss Tabelle 8 lässt darauf schliessen, dass ein Anteil der gemessenen Dickenänderungen in den Sommerperioden durch Nachverdichtung entstanden ist, wenn man von der Annahme ausgeht, dass der Abrieb bzw. Verschleiss im Sommer vernachlässigbar gering ist. Um die Grösse der plastischen Verformung zu ermitteln, die uns im Zusammenhang mit den Rezeptvariationen zur Erhöhung der Spikesresistenz interessiert, muss die Nachverdichtung berechnet werden.

Da die Raumgewichte der Bohrkerne 1971 und 1974 sowie der Mittelwert der Schichtdicken 1971 (d_{71}) bekannt sind, lässt sich folgende Proportion aufstellen:

$$RG_{71} : RG_{74} = d_{74} : d_{71} \quad (1)$$

$$\text{Daraus folgt } d_{74} = \frac{RG_{71}}{RG_{74}} \cdot d_{71} \quad (2)$$

Die Nachverdichtung ist die Differenz der gemessenen Schichtdicke d_{71} und der aus den Raumgewichten berechneten Schichtdicke d_{74} :

$$\Delta d = d_{71} - d_{74} \quad (3)$$

Aus (2) und (3) lässt sich die Gleichung aufstellen

$$\Delta d = d_{71} \left(1 - \frac{RG_{71}}{RG_{74}} \right) \quad (4)$$

Mit dieser Gleichung kann die Nachverdichtung aller Versuchsbeläge errechnet werden. Die Berechnung beruht auf der Annahme, dass die Raumgewichtserhöhung eine Folge der Nachverdichtung ist. Diese vereinfachende Annahme ist für die Berechnung der Grössenordnung der Nachverdichtung ausreichend genau. Um einen Vergleich der Nachverdichtung anstellen zu können, sowie zur Berechnung der plastischen Verformung, muss auch hier auf eine einheitliche Verkehrsbelastung von 1 Million Fahrzeugen umgerechnet werden. Die plastische Verformung ergibt sich aus der Differenz zwischen der gemessenen Dickenänderung und der Nachverdichtung. Die Tabelle 11 enthält die Resultate dieser Berechnungen.

Tabelle 11: Nachverdichtung und plastische Verformung

Versuchsbelag		Hohlraumgehalte der Bohrkern			Raumgewichte der Bohrkern		Gesamtdicken- änderung	Berechnete Nachverd.	Plastische Verformung
		1971	1974	Δ H	1971	1974			
		Auf 1 Million Fahrzeuge							
Korn	Code	Vol-%	Vol-%	Vol-%	g/cm3	g/cm3	mm	mm	mm
mm		Vol-%	Vol-%	Vol-%	g/cm3	g/cm3	mm	mm	mm
6	18.K.13	9.4	3.3	6.1	2.199	2.338	0.79	0.64	0.15
6	19.K.14	10.0	3.9	6.1	2.188	2.345	0.79	0.63	0.16
10	3.K.05	4.8	3.0	1.8	2.314	2.361	0.56	0.28	0.28
10	11.A.01	7.6	4.6	3.0	2.270	2.350	0.94	0.64	0.30
6	20.K.15	10.1	3.2	6.9	2.210	2.386	1.03	0.73	0.30
10	12.A.02	3.3	2.9	0.4	2.376	2.384	0.48	0.06	0.42
16	13.A.07	3.3	3.2	0.1	2.380	2.393	0.58	0.10	0.48
10	15.K.12	3.1	3.1	0.0	2.353	2.359	0.55	0.06	0.49
10	1.K.01	6.9	5.1	1.8	2.276	2.326	1.11	0.60	0.51
16	16.K.06	8.0	4.9	3.1	2.274	2.359	1.53	0.92	0.61
16	14.A.06	3.2	3.7	+0.5	2.396	2.395	0.73	0.00	0.73
16	4.K.11	2.9	1.7	1.2	2.362	2.387	1.38	0.29	1.09
16	17.K.07	3.4	3.3	0.1	2.356	2.369	1.61	0.14	1.47

Die nicht repräsentativen Werte der Beläge 6.H.06, 8.H.09, 10.H.08 sind hier nicht mehr aufgeführt.

22. Evaluation der Versuchsbeläge

22.1 Spikes-Resistenz

Im Kapitel 20 sind in Tabelle 10 die Dickenänderungen infolge Spikesreifenbeanspruchung in der Reihenfolge des ermittelten Abriebs zusammengestellt; Abb. 40 zeigt die entsprechende graphische Darstellung. Damit ergibt sich eine Rangordnung, die jedoch aus verschiedenen Gründen nicht zu schematisch betrachtet werden darf.

So muss in Rechnung gestellt werden, dass die Verkehrsbelastung durch Spikesreifen auf den Versuchsstrecken viel geringer als erwartet war und von Jahr zu Jahr stark abnahm (vergl. Abb. 4). Dadurch konnten die Unterschiede in der Spikesresistenz der einzelnen Belagsvarianten nicht so stark in Erscheinung treten. Infolgedessen sind auch die relativ niedrigen Abriebwerte anfälliger auf die unvermeidbaren Streuungen bei der Dickenmessung.

Zum andern ist zu bedenken, dass Beläge mit gleicher Bezeichnung wohl ähnlich, aber doch nicht ganz gleich sind, weil bei Aufbereitung, Einbau und Verdichtung Unterschiede auftreten können, die zwar nicht gross sind, aber doch einen Einfluss auf das Verhalten der Beläge haben können. Dies muss bei der Evaluation der Beläge berücksichtigt werden.

Das Forschungsziel ist im übrigen nicht so sehr die Erstellung einer genauen Rangliste, vielmehr geht es in erster Linie um den Nachweis, dass die Ideen zur Erhöhung der Spikesresistenz in eine erfolversprechende Richtung weisen.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse führt in bezug auf die Spikesresistenz zu folgenden Feststellungen:

1. Hot Rolled Asphalt: Dieser Belag zeigt den geringsten Winterverschleiss und steht damit hinsichtlich Spikesresistenz an der Spitze der untersuchten Beläge.

2. Modifizierte AB-Beläge: Die modifizierten Beläge, die durch Erhöhung des Gehaltes an Filler, Sand und Bindemittel einen grösseren Anteil an bituminösem Mörtel aufweisen, sind den Belägen gemäss Norm SNV 40 432a hinsichtlich Spikesresistenz überlegen. Während bei den AB 10-Belägen der Nachweis hierfür eindeutig ist, müssen für die AB 16-Beläge zwei Bemerkungen gemacht werden: Der Belag Nr. 16.K.06, der als Normbelag gemäss SNV 40 432a deklariert

ist, hat infolge Fehleinstellung einen zu niedrigen Bindemittelgehalt (vergl. Abb. 8); entgegen allen Erwartungen hat dieser Belag sich aber sehr gut verhalten und erweist sich dadurch im Schema als Querschläger. Anderseits muss der Belag Nr. 13.A.07, der als modifiziert gekennzeichnet wurde, als Normbelag gemäss SNV 40 432a betrachtet werden (vergl. Abb. 7); er hat sich auch dementsprechend verhalten.

3. AB 10 mit Trinidad-Zusatz: Der AB 10-Belag mit Trinidad-Zusatz Nr. 3.K.05 ist sowohl den beiden AB 10-Belägen nach Norm als auch den modifizierten AB 10-Belägen mit und ohne Trinidad eindeutig überlegen.-Der modifizierte AB 10 mit Trinidad ist den AB 10-Belägen nach Norm gleich bzw. leicht überlegen. Dem nicht modifizierten AB 10-Belag mit Trinidad und dem modifizierten AB 10-Belag ist er jedoch deutlich unterlegen. Dies entspricht nicht den in diese Belagsvariante gesetzten Erwartungen.

4. Mineral-Qualität: Der Vergleich zwischen Hartsplitt und Moränesplitt sollte an den Versuchsbelägen im Anschluss Heimberg vorgenommen werden. Wie bereits erwähnt, konnten für diese Versuchbeläge wegen des verspäteten Einbaus keine repräsentativen Untersuchungsergebnisse erzielt werden. Die Frage, ob die Mineralqualität einen Einfluss auf die Spikesresistenz hat, konnte im Rahmen dieses Forschungsauftrages daher nicht beantwortet werden.

5. Maximale Korngrösse: Die Frage, ob Beläge mit Maximalkorn 16 mm oder solche mit Maximalkorn 10 mm sich in bezug auf Spikesresistenz besser verhalten, kann nur mit Vorbehalt beantwortet werden. Wenn man alle ausgeführten AB 16- und AB 10-Beläge zum Vergleich heranzieht, zeigen die AB 16-Beläge zwar eine leichte Ueberlegenheit, doch ist der Unterschied zu klein, als dass man von einer gesicherten Aussage sprechen könnte.

6. AB 6 mit Lonsicar-Zusatz: Die AB 6-Beläge mit einem Zusatz von 2% und 6% Lonsicar zeigen einen geringeren Abrieb als der AB 6-Referenzbelag nach SNV 40 432a. Es scheint also, dass mit einem Zusatz von Lonsicar-Splitt eine Erhöhung der Spikesresistenz zu erzielen ist. Der Versuch als solcher ist allerdings ein wenig in Frage gestellt, weil alle drei AB 6-Beläge sehr schlecht verdichtet wurden und unmittelbar nach dem Einbau Hohlraumgehalte zwischen 9.4 und 10.1 Vol.% aufwiesen. Der Spikesabrieb ist daher sowohl beim Referenzbelag als auch bei den Belägen mit Lonsicar sehr hoch.

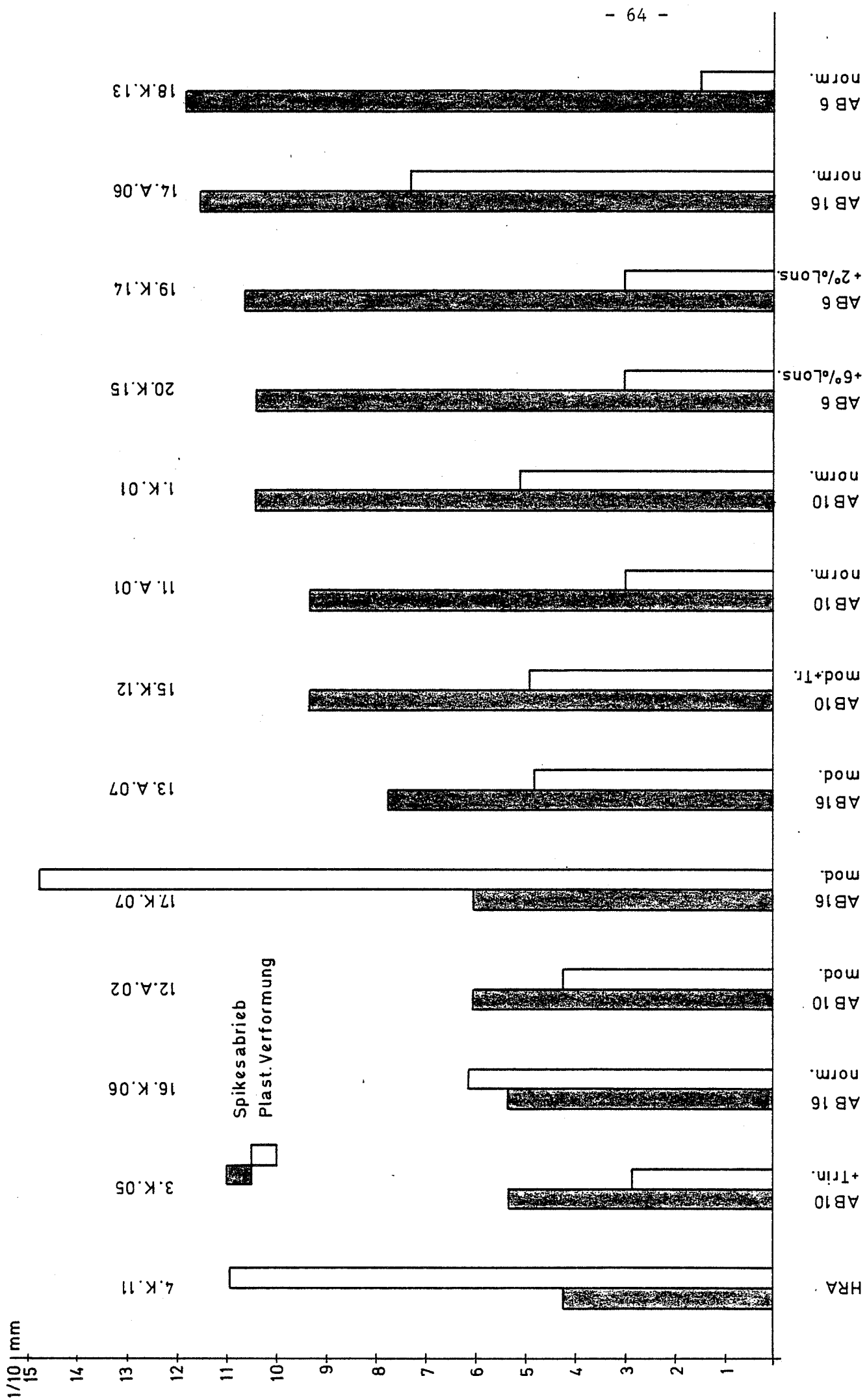


Abb. 40 Spikesabrieb und Plastische Verformung

22.2 Verformbarkeit

Im Kapitel 21 wurden die Dickenänderungen während des Sommers in Tabelle 11 zusammengestellt, wobei von der vereinfachenden Annahme ausgegangen wurde, dass im Sommer nur ein vernachlässigbar geringer Abrieb auftritt. Die Gesamtdickenänderung wurde sodann rechnerisch in einen Anteil "Nachverdichtung" und in einen Anteil "Plastische Verformung" unterteilt. Dieses Vorgehen ist gerechtfertigt, weil wir ja im Rahmen dieses Forschungsauftrages in erster Linie an der "belagsspezifischen" Verformung aufgrund der gewählten Mischgutzusammensetzung interessiert sind. Durch das Ausklammern der Nachverdichtung werden insbesondere die beim Einbau ungenügend verdichteten Beläge (Verdichtungsgrad $< 97\%$, vergl. Tabelle 8), die eine sehr starke Nachverdichtung erfahren haben, richtiger plazierte.

In Tabelle 11 wurden die Versuchsbeläge in der Reihenfolge der ermittelten plastischen Verformungen aufgeführt, woraus sich eine Rangordnung für die Verformbarkeit ergibt. Die Verformungswerte wurden auch in Abb. 40 eingetragen, und zwar zugeordnet zu den Abriebwerten infolge Spikesreifen-Beanspruchung.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse führt in bezug auf die Verformbarkeit zu folgenden Feststellungen:

1. Hot Rolled Asphalt: Die ermittelten plastischen Verformungen sind sehr hoch, wobei auffallend grosse Verformungen im ersten Sommer aufgetreten sind, während sich ab Herbst 1971 nur noch wenig Veränderungen zeigten. Die gute Spikesresistenz dieses Belages wird also durch einen geringen Verformungswiderstand beeinträchtigt. Hier muss nun aber darauf hingewiesen werden, dass für den Versuchsbelag 4.K.11 ein Bitumen B 180/220 verwendet wurde. Nach den inzwischen gemachten Erfahrungen kommen für Hot Rolled Asphalt-Beläge bedeutend härtere Bindemittel zur Anwendung, z.B. Bitumen B 60/70. Hierdurch wird der Verformungswiderstand wesentlich erhöht; es ist kaum anzunehmen, dass andererseits die Spikesresistenz dadurch stark beeinträchtigt wird.

2. Modifizierte AB-Beläge: Bei den AB 10-Belägen stehen dem modifizierten AB 10 zwei Beläge nach SNV 40 432a gegenüber, von denen der eine um fast gleich viel besser als der andere schlechter ist. Eine Differenzierung ist hier nicht möglich, wobei die Verformungswerte aller drei Beläge relativ niedrig sind. Bei den AB 16-Belägen weist der modifizierte Belag im Anschluss

Kiesen die grösste Verformung von allen Versuchsbelägen auf; wenn man noch berücksichtigt, dass der modifizierte AB 16 in Allmendingen als AB 16 nach SNV 40 432a zu werten ist, so sind die AB 16-Beläge nach Norm in bezug auf Verformung dem modifizierten AB 16 eindeutig überlegen.

3. AB 10 mit Trinidad-Zusatz: Der AB 10 mit Trinidad-Zusatz Nr. 3.K.05 weist einen sehr niedrigen Verformungswert auf. Er ist beiden AB 10-Belägen nach Norm überlegen, dem im Anschluss Allmendingen allerdings nur knapp. Er ist ebenfalls den modifizierten AB 10-Belägen mit und ohne Trinidad überlegen.- Der modifizierte AB 10 mit Trinidad ist schlechter als der unmodifizierte AB 10 mit Trinidad und der modifizierte AB 10 ohne Trinidad. Gegenüber den beiden AB 10-Belägen nach Norm ist er bezüglich Verformung dem einen unterlegen, dem anderen knapp überlegen.

4. Mineral-Qualität: Der Vergleich zwischen Hartsplitt und Moränesplitt kann, analog zur Ziffer 22.1, mangels repräsentativer Untersuchungsergebnisse nicht gezogen werden.

5. Maximale Korngrösse: Wenn man alle ausgeführten AB 16- und AB 10-Beläge zum Vergleich heranzieht, schneiden die AB 10-Beläge in bezug auf den Verformungswiderstand besser ab.

6. AB 6 mit Lonsicar-Zusatz: Nach Abzug der Nachverdichtung ergeben sich für diese drei dünnen Beläge sehr niedrige Verformungswerte. Am besten verhält sich der AB 6-Belag nach Norm.

22.3 Griffigkeit

Die Messergebnisse mit dem SRT-Pendel und dem Skiddometer sind in den Kapiteln 17 und 18 angegeben. Zwischen den Ergebnissen beider Methoden besteht keine Korrelation.

Bei der Auswertung der Messergebnisse wurden die unterschiedlichen Verkehrsbelastungen in den Anschlüssen und den verschiedenen Fahrtrichtungen nicht berücksichtigt, weil eine Umrechnung auf eine einheitliche Basis im Rahmen dieses Forschungsauftrages nicht als notwendig erachtet wurde.

Die Messergebnisse mit dem SRT-Pendel sind in erster Linie durch die Wirkung der Mikrotextur bedingt; Beläge mit feiner Struktur schneiden daher etwas besser ab. Für den Hot Rolled Asphalt wurde an einer Stelle ein Wert von 70 SRT-Einheiten gemessen, die mittlere "End"-Griffigkeit liegt bei 62 SRT-Einheiten. Der AB 10-Belag mit Trinidad weist SRT-Werte von 67 und 68 auf. Die schlechtesten Werte haben die beiden AB 16-Beläge im Anschluss Allmendingen: 55 und 56 SRT-Einheiten.

Da die mit dem Skiddometer ermittelten Messergebnisse in jedem Fall eine eindeutige Beurteilung der Griffigkeitsverhältnisse gestatten, werden die Resultate etwas eingehender kommentiert. Die besten Ergebnisse weisen der Hot Rolled Asphalt und die AB 16- und AB 10-Beläge nach SNV 40 432a im Anschluss Kiesen auf; die Werte liegen zwischen 0.56 und 0.57. Hierbei dürfte der hohe Griffigkeitswert für den AB 16 nach Norm jedoch auf die Unterdosierung an Bindemittel zurückzuführen sein. Die drei AB 6-Beläge im Anschluss Kiesen sowie der AB 10-Belag nach Norm im Anschluss Allmendingen bilden die zweite Gruppe mit Werten zwischen 0.44 und 0.46. Die Beläge AB 10 mit Trinidad und AB 10 modifiziert mit Trinidad haben einen Griffigkeitswert von 0.43, der AB 16-Belag nach Norm in Allmendingen einen solchen von 0.42. Am schlechtesten schneiden die zwei modifizierten AB 16-Beläge und der modifizierte AB 10-Belag ab; die Werte lauten 0.41, 0.38 und 0.35.

23. Zusammenfassung

Zusammenfassend können folgende Feststellungen gemacht werden:

1. Hot Rolled Asphalt: Der Hot Rolled Asphalt verhält sich hinsichtlich Spikesresistenz ausgezeichnet. Er weist auch eine gute Griffigkeit auf. Der bei den Versuchen festgestellten grossen plastischen Verformung kann durch die Verwendung eines härteren Bindemittels, z.B. Bitumen B 60/70 oder Teerbitumen TB 4000, entgegen gewirkt werden. Man erhielte so einen spikesresistenten Belag, der auch im Sommer nicht auf plastische Verformungen anfällig wäre.

2. Modifizierte AB-Beläge: Bei den modifizierten AB-Belägen zeichnet sich kein einheitliches Bild ab. Hinsichtlich Spikesresistenz sind die modifizierten AB 10-Beläge besser als die AB 10 nach Norm, dagegen fällt bei den modifizierten AB 16-Belägen eine eindeutige Beurteilung schwer. Bezüglich Verformbarkeit ist bei den AB 10-Belägen kein signifikanter Unterschied zwischen modifizierten und den Belägen nach Norm festzustellen; bei den AB 16-Belägen weisen die modifizierten AB 16 eindeutig einen schlechteren Verformungswiderstand als die Normbeläge auf. Hinsichtlich Griffigkeit sind alle modifizierten Beläge schlechter als die Normbeläge.

Die modifizierten Beläge können also eine Erhöhung der Spikesresistenz herbeiführen, wobei den modifizierten AB 10-Belägen wegen der eindeutigeren Wirkung und des grösseren Verformungswiderstands der Vorzug zu geben ist. Die Verformbarkeit könnte gegebenenfalls durch die Verwendung eines Bindemittels härter als Bitumen B 80/100 positiv beeinflusst werden. Der verbesserten Spikesresistenz stände dann aber immer noch eine ungenügende Griffigkeit gegenüber.

3. AB 10 mit Trinidad-Zusatz: Der Zusatz von Trinidad zu einem normalen AB 10 hat einen Belag ergeben, der sowohl eine ausgezeichnete Spikesresistenz als auch einen sehr guten Verformungswiderstand aufweist. Die Griffigkeit ist bei der Messung mit dem SRT-Pendel sehr gut, mit dem Skiddometer eher etwas knapp. Das vorstehende Resultat erhärtet die guten Erfahrungen, die man mit Trinidad-Zusatz zu Normbelägen, z.B. im Kanton Aargau, gemacht hat.

Da sich der modifizierte AB 10 mit Trinidad-Zusatz hinsichtlich Spikesresistenz und Verformbarkeit schlechter als der nichtmodifizierte AB 10 mit Trinidad und auch schlechter als modifizierte AB 10 ohne Trinidad verhält, fällt er als Belagsvariante aus dem Rennen.

4. Mineral-Qualität: Die Frage, ob die Verwendung von Hartsplitt gegenüber Moränesplitt zur Erhöhung der Spikesresistenz führt, kann wegen des verspäteten Einbaus der entsprechenden Versuchsbeläge nicht beantwortet werden.

5. Maximale Korngrösse: Die Grösse des Maximalkorns - 16 mm oder 10 mm - scheint die Spikesresistenz nicht wesentlich zu beeinflussen. Hinsichtlich Verformungswiderstand schneiden die AB 10-Beläge zwar besser ab, doch wirken hierbei soviel andere Faktoren mit, dass dies nicht als gesicherte Aussage betrachtet werden darf.

6. AB 6 mit Lonsicar-Zusatz: Der Lonsicar-Zusatz scheint eine gewisse Erhöhung der Spikesresistenz zu bewirken, ohne dass der gute Verformungswiderstand und die gute Griffigkeit dieser Beläge beeinträchtigt werden. Die grosse Nachverdichtung, die diese beim Einbau ungenügend verdichteten Beläge erfahren haben, bedingen jedoch für eine endgültige Beurteilung, dass Versuche mit normkonform verdichteten Belägen durchgeführt werden.

Thun, 30. April 1980

M. Blumer
M. Blumer

H. Grünbaum
H. Grünbaum

G. Literatur

- 1) Zipkes E.: Beanspruchung von Strassenbelägen durch metallische Systeme.
ISETH-Mitteilung Nr. 4, 1947.
- 2) Schulze K.H. und Beckmann L.: Untersuchungen über den Verschleiss an
Strassenoberflächen durch Winterreifen mit Spikes.
Strassenbautagung Hamburg 1968, herausgegeben von der Forschungsge-
sellschaft für das Strassenwesen e.V., Köln.
- 3) Pavement Wear due to Studded Tyres. National Swedish Road Research
Institute Stockholm, Special Report No. 83 A/ 69.
- 4) Pfeffekoven W.: Laboruntersuchungen über den Abrieb von Asphaltbelägen
unter Spikesreifenverkehr. Bitumen 6/69.
- 5) Rose D.: Ein Verfahren zur Messung der Dickenänderung von Fahrbahn-
belägen. Bitumen 6/69.
- 6) Blumer M.: Erfahrungen und Massnahmen zur Verhütung von Winterschäden
an Asphaltstrassen in der Schweiz.
Strasse und Autobahn 1/71.
- 7) Scheuba N.: Das Zusammenspiel von Spikes und Reifen.
Strasse und Autobahn 1/71.
- 8) Tröger H. und Helfrich H.: Ueber den Widerstand bituminöser Deckschichten
gegen Verschleiss. Strasse und Autobahn 1/71.
- 9) Wehner B.: Spikesreifen und Griffigkeit.
Strasse und Autobahn 1/71.
- 10) Zichner G.: Die Beanspruchung der Strassendecken im Winter und Möglich-
keiten zur Verminderung des erhöhten Verschleisses.
Strasse und Autobahn 1/71.
- 11) Sulger Büel S.: Abnützung von Strassenbelägen durch den Verkehr, unter
besonderer Berücksichtigung von Spikesreifen.
ISETH-Mitteilung Nr. 23, 1972.

- 12) Zipkes E. und Sulger Büel S.: Schäden durch den Gebrauch von Spikesreifen.
ISETH-Mitteilung Nr. 24, 1973.
- 13) Sulger Büel S.: Haftvermögen von Spikesreifen auf eis- und schneefreier Strasse.
ISETH-Mitteilung Nr. 27, 1974.
- 14) Huschek S.: Griffigkeit und Verkehrssicherheit auf nasser Strasse.
ISETH-Mitteilung Nr. 31, 1975.
- 15) Pelloli R.: Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer - weitere Ergebnisse.
ISETH-Mitteilung Nr. 41, 1979.