



Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

Vorsteher: Prof. H. Grob

Beobachtungsstrecken mit verschiedenen Strassenbaubitumen

**Jährliche Beobachtungen 1978 - 1980
Schlussbericht**

**Eidgenössisches Departement
des Innern, Bern
Forschungsauftrag 29/77**

EMPA-Nr. 38 410

CH-8600 Dübendorf

Oktober 1981

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

A.	EINLEITUNG	3
B.	ZWECK	4
C.	ALLGEMEINES ZU DEN BEOBACHTUNGSSTRECKEN	5
I.	Lage der Beobachtungsstrecken	5
II.	Aufbau	13
D.	UNTERSUCHUNGEN AN DER FAHRBAHNOBERFLÄCHE	14
III.	Ausgeführte Arbeiten	14
IV.	Messmethoden und Messvorgang	15
E.	MESSUNGEN ISETH: ERGEBNISSE	18
V.	Ebenheitsmessungen im Querprofil (Planum)	18
VI.	Ebenheitsmessungen im Längsprofil (mit Winkelmessgerät)	32
VII.	Griffigkeitsmessungen	34
1.	Griffigkeitsmessungen mit dem SRT-Gerät (Pendel)	34
2.	Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer	37
F.	BEOBACHTUNGEN (EMPA)	41
VIII.	Augenscheine	41
1.	Beurteilung verschiedener Kriterien	41
2.	Besonderes Vorkommnis (Risse)	49
3.	Aussehen (Fotos)	52
G.	BEURTEILUNG	58
1.	Ebenheit im Querprofil	58
2.	Ebenheit im Längsprofil	63
3.	Griffigkeit	64
4.	Kornausbruch, Kornzertrümmerung	65
5.	Oberflächenbeschaffenheit	66
6.	Allgemeinzustand	66

A. EINLEITUNG

Die Forschungsaufträge (FA) der EMPA Dübendorf

- ANFORDERUNGEN AN STRASSENBAUBITUMEN FA 2/73 und 8/77
- BEOBACHTUNGSSTRECKEN MIT VERSCHIEDENEN STRASSENBAUBITUMEN FA 3/73, 29/77, 30/77 und 3/81

sind eng miteinander verknüpft. Im FA 2/73 "ANFORDERUNGEN AN STRASSENBAUBITUMEN" sind die Ergebnisse von Laboruntersuchungen an 14 Bitumen mit insgesamt 37 Laboratoriumsproben aufgeführt. Einbezogen wurden vor allem Bitumen der Sorten 40/50 und 80/100, die sich nach Rohölprovenienz und Herstellungsart unterscheiden. Eine Auswertung der in verschiedenen Teilberichten veröffentlichten Resultate erfolgte im FA 8/77.

Vier dieser Bitumen, das eine sowohl mit als auch ohne Haftmittel, fanden in fünf Beobachtungsstrecken auf der stark befahrenen Autobahn Bülach - Kloten Verwendung. Die fünf Strecken, die sich lediglich im Bindemittel der Verschleiss- und Ausgleichsschicht unterscheiden, weisen ein stark unterschiedliches Verhalten auf. Bei vier Strecken sind im allgemeinen starke, z.T. sehr starke Spurrinnen aufgetreten. Bei einer Strecke, ausgeführt mit einem geblasenen Bitumen 80/100 S, haben sich deutlich geringere Spurrinnen ausgebildet, dagegen ist eine starke Rissbildung aufgetreten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an Bohrkernen, entnommen unmittelbar nach dem Einbau, sowie Beobachtungen und Messungen auf den Strecken der ersten fünf Betriebsjahre sind in verschiedenen Berichten des FA 3/73 "BEOBACHTUNGSSTRECKEN MIT VERSCHIEDENEN STRASSENBAUBITUMEN" veröffentlicht. Die entsprechenden Beobachtungen und Messungen der Jahre 1978 bis 1980 sind im vorliegenden Schlussbericht des FA 29/77 aufgeführt. Bis zu den sich bald aufdrängenden baulichen Sanierungsmassnahmen wird die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche weiterhin erfasst (FA 3/81). Die Beobachtungen und Messungen der gesamten Benützungsdauer werden dann zusammenfassend dargestellt.

Im Herbst 1978 wurden ausserdem in 15 Profilen der fünf Beobachtungsstrecken Ausschnitte des gesamten Normalfahrstreifens entnommen. Mit umfangreichen materialtechnologischen Untersuchungen an diesen Ausschnitten sind Zustand und Eigenschaften der einzelnen Schichten der verschiedenen Strecken nach sechs Betriebsjahren festzuhalten (FA 30/77).

B. ZWECK

Aufgrund des Langzeitverhaltens der mit verschiedenen Strassenbaubitumen hergestellten Verschleiss- und Ausgleichsschichten soll versucht werden, Rückschlüsse auf entscheidende Eigenschaften des Bitumens zu ziehen.

Das Ziel soll sein, Unterlagen für die Erarbeitung neuer Prüf- und Qualitätsvorschriften für Strassenbaubitumen zu gewinnen.

Insbesondere soll auch versucht werden, Anhaltspunkte zu finden über die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse der Bindemittel nach dem Rolling Thin Film Oven Test und nach dem Aufarbeiten der extrahierten löslichen Bindemittelanteile aus den Bohrkernen.

Mit den jährlichen Beobachtungen ist der weitere Verlauf der Spurrinnenbildung (Ebenheit im Querprofil), der Ebenheit im Längsprofil und der Griffigkeit zu verfolgen. Von besonderem Interesse ist auch die weitere Entwicklung der Rissbildung in der mit geblasenem Bitumen 80/100 S ausgeführten Beobachtungsstrecke 1.

C. ALLGEMEINES ZU DEN BEOBACHTUNGSSTRECKEN

Die Beobachtungsstrecken liegen so, dass das Verhalten von fünf Bitumen in Asphaltbetonbelägen auf einer stark bis sehr stark befahrenen Autobahn im Schweizer Mittelland untersucht werden kann. (Tägliche äquivalente Verkehrslast TF > 1000.)

Es wurden vier Bitumen B 80/100 und ein Bitumen B 60/70 gewählt. Jedes dieser Bitumen fand jeweils in einer Beobachtungsstrecke sowohl in der Verschleiss- als auch in der Ausgleichsschicht Verwendung. Dabei ist erstmals in der Schweiz ein Spezialbitumen B 80/100 S verwendet worden, das weniger temperaturempfindlich ist. Dieses Bitumen erfüllt jedoch die Anforderungen der Norm für Strassenbaubitumen nicht. Ausserdem ist einem Bitumen B 80/100 ein Haftmittel zugegeben worden (vgl. Angabe zu Beobachtungsstrecke 4, S. 7).

In den verschiedenen Beobachtungsstrecken wurde lediglich das Bindemittel in den Belägen (Verschleiss- und Ausgleichsschicht) variiert. Die im übrigen verwendeten Baustoffe sowie die angestrebten Zusammensetzungen der einzelnen Schichten sind in allen Beobachtungsstrecken identisch.

Die Beobachtungsstrecken sind mit Nummer 1 bis 5 bezeichnet. Die entsprechenden Bitumen sind im Forschungsauftrag FA 2/73 gleich numeriert. Umfangreiche Bindemitteluntersuchungen wurden im 1. Teilbericht veröffentlicht.

I. Lage der Beobachtungsstrecken

Die fünf Beobachtungsstrecken befinden sich auf der REGIONALVERBINDUNGSSTRASSE HLS BÜLACH - KLOTEN, Fahrbahn Bülach-Kloten (vgl. auch Situation, S. 7). Die Verkehrsübergabe fand am 15. September 1972 statt.

Beobachtungs- strecke (BS) Bezeichnung	Kilometrierung km	Streckenlänge m
1	2'318 - 2'891	573
2	3'123 - 3'579	456
3 A* 3 B*	3'643 - 3'950 3'950 - 4'070	307 } 427 120 }
4 A* 4 B*	4'090 - 4'250 4'250 - 4'574	160 } 484 324 }
5 A** 5 B**	5'119 - 5'339 5'339 - 5'486	220 } 367 147 }

* Aufteilung aufgrund unterschiedlichen Deformationsverhaltens.

** Eine Aufteilung der Beobachtungsstrecke 5 in die Teilstrecken 5 A und 5 B kam aufgrund der Verwendung unterschiedlich zusammengesetzter Ausgleichsschichten zustande. In der Teilstrecke 5 B wurde in der Ausgleichsschicht ein AB 16, der gleiche Belag wie für die Verschleisssschicht, eingebaut.

Uebersicht

BEOBACHTUNGSSTRECKE 1



Abb. 1

In Fahrtrichtung ge-
sehen vom Anfang der
BS 1 in Richtung
Kloten (BS 1 auf
Damm)



Abb. 2



Gegen Fahrtrichtung
gesehen vom Ende der
BS 1 in Richtung
Bülach

Abb. 3



Abb. 4

In Fahrtrichtung ge-
sehen vom Anfang der
BS 2 in Richtung
Kloten (BS 2 auf
Damm)

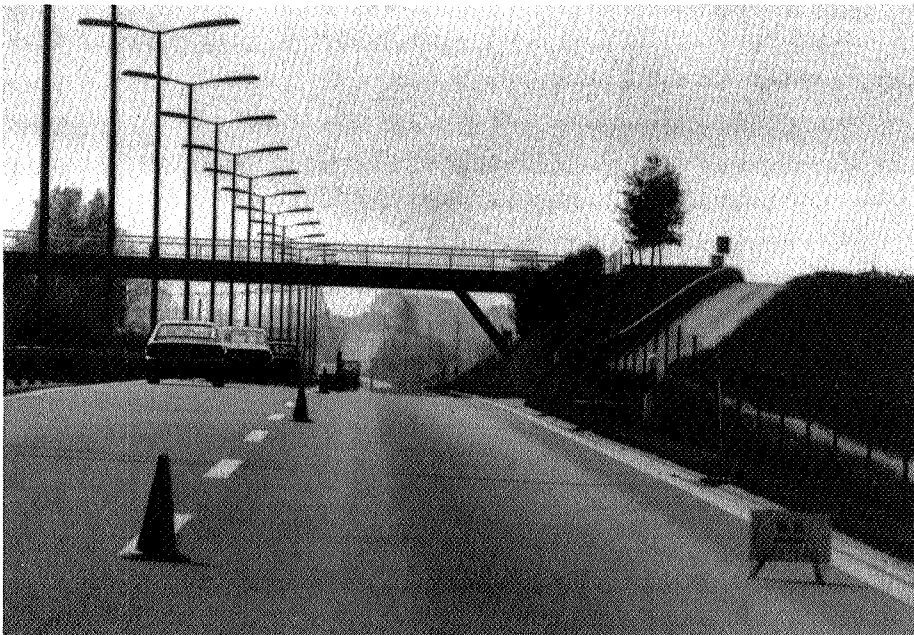


Abb. 5



Gegen Fahrtrichtung
gesehen vom Ende der
BS 2 in Richtung
Bülach

Abb. 6

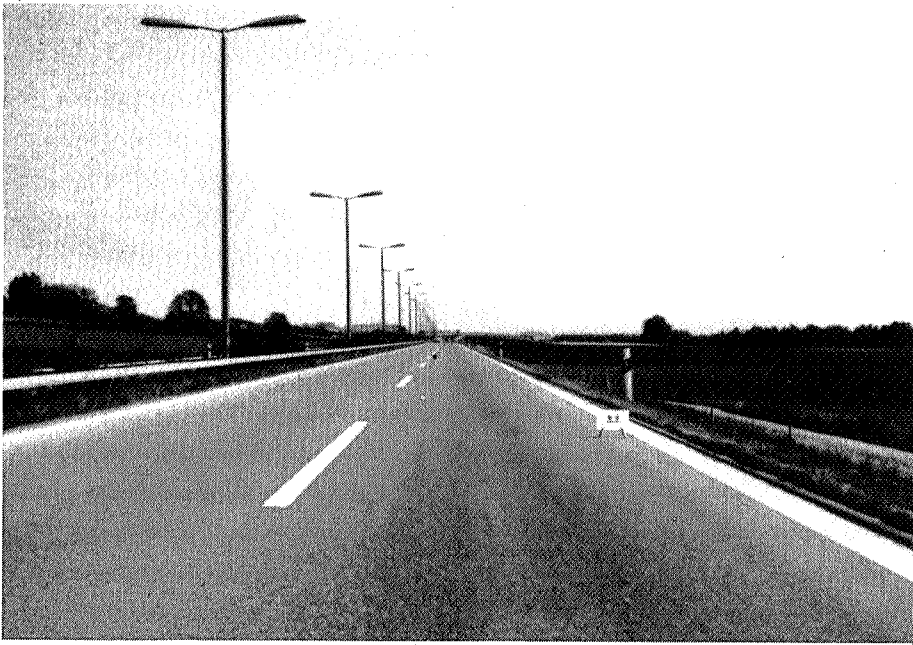


Abb. 7

In Fahrtrichtung gesehen vom Anfang der BS 3 in Richtung Kloten (BS 3 auf Damm)



Abb. 8

Gegen Fahrtrichtung gesehen vom Ende der BS 3 in Richtung Bülach (Starke Spurrinnen des Abschnitts 3A sichtbar.)



Abb. 9



Abb. 10

In Fahrtrichtung ge-
sehen vom Anfang der
BS 4 in Richtung
Kloten (BS 4 auf
Damm)



Abb. 11



Gegen Fahrtrichtung
gesehen vom Ende der
BS 4 in Richtung
Bülach

Abb. 12

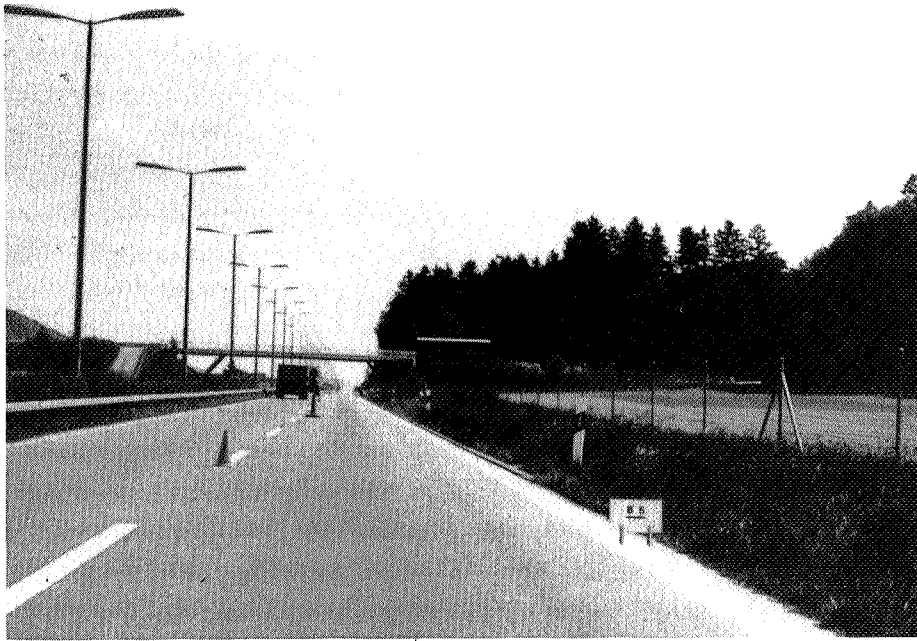


Abb. 13

In Fahrtrichtung ge-
sehen vom Anfang der
BS 5 in Richtung
Kloten



Abb. 14

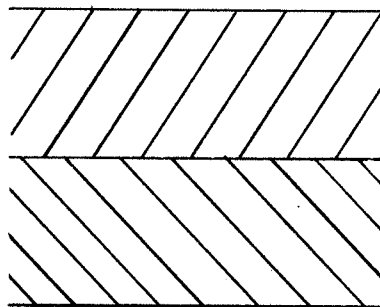


Gegen Fahrtrichtung
gesehen vom Ende der
BS 5 in Richtung
Bülach

Abb. 15

II. Aufbau

Für die Verschleiss- und Ausgleichsschichten der fünf Beobachtungsstrecken wurden keine speziellen Asphaltbetonbeläge, sondern übliche Heissmischbeläge der Sorten AB 16 und AB 16u gemäss SN 40'432a eingebaut.



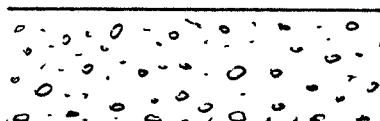
40 mm Verschleisssschicht (VS) AB 16

40 mm Ausgleichsschicht (AS) AB 16 u



110 mm

Heissmischtragschicht HMT 32, zweischichtig mit Bitumen 60/70 (Gleiches Bitumen, wie in Beobachtungsstrecke 5 für VS und AS verwendet wurde.)



mind.
620 mm

Foundationsschicht (teilweise mit etwa 200 mm Zementstabilisierung)

Angaben zu den fünf verwendeten Bitumen in der VS und AS siehe Situation Seite 7.

Weitere Angaben zu den verwendeten Baustoffen vgl. Forschungsauftrag 3/73, 2. Zwischenbericht. In allen Beobachtungsstrecken gelangten dieselben Mineralstoffe und dieselben Sollzusammensetzungen zur Anwendung.

D. UNTERSUCHUNGEN AN DER FAHRBAHNOBERFLÄCHE

Aufgrund aufgetretener unterschiedlicher Deformationen in den Beobachtungsstrecken 3, 4 und 5 wurden die Ergebnisse der Ebenheitsmessungen im Querprofil (Planum) bereits im Schlussbericht 3/73 für je zwei Teilstrecken ausgewertet. Im vorliegenden Bericht ist diese Unterteilung in der Auswertung beibehalten. Die Teilstrecken sind mit 3A, 3B; 4A, 4B und 5A, 5B bezeichnet (bisher waren nur 5A und 5B speziell bezeichnet).

Eine mögliche Ursache für dieses unterschiedliche Verhalten ist lediglich in der Beobachtungsstrecke 5 - mit Verwendung von Verschleisschichtmaterial in der Ausgleichsschicht der Teilstrecke 5B - gegeben.

III. Ausgeführte Arbeiten (1978 - 1980)

Die Ergebnisse der Beobachtungen und Messungen der Jahre 1978 bis 1980 sind im vorliegenden Bericht aufgeführt. Dabei sind zum Teil in den Tabellen und häufig in den graphischen Darstellungen auch die Messergebnisse der früheren Jahre enthalten.

Jährlich durchgeführte Arbeiten:

- Augenschein
- Ebenheitsmessungen: Querprofil mittels Planum
(in 17 Profilen des Fahrstreifens)
- Ebenheitsmessungen im Längsprofil mit dem Winkelmessgerät
(Fahr- und Ueberholstreifen)
- Griffigkeitsmessungen mit dem SRT-Pendel
(in 17 Profilen des Fahrstreifens)
- Griffkeitsmessungen mit dem Skiddometer
(Fahr- und Ueberholstreifen)

Gegenüber dem Zeitraum von 1972 bis 1976, mit zwei jährlich durchgeführten Messkampagnen, wurde ab 1978 nur noch eine Messkampagne pro Jahr durchgeführt und der Messaufwand reduziert:

- Auf die Abriebmessungen mit der Bolzenmethode musste verzichtet werden, da viele Bolzen durch plastische Deformationen nicht mehr messbar waren.
- Auf dem Ueberholstreifen wurden lediglich diejenigen Messungen, die keine Absperrung erfordern - wie Ebenheit längs mit dem Winkelmessgerät und Griffigkeit mit dem Skiddometer - weitergeführt (plastische Deformationen sind praktisch keine aufgetreten).

Die Durchführung des Augenscheines erfolgte durch die EMPA Dübendorf, die Messungen der Ebenheiten und Griffigkeiten durch das Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau der ETHZ (ISETH, Sektion Strassenbau).

IV. Messmethoden und Messvorgang

Ebenheit: Querprofil mittels Planum

Pro Messprofil wurde eine Planumaufnahme des Fahrstreifens gemacht. Da die für die Abriebmessungen eingesetzten Bolzen die Deformationen beeinflussen, wurden die ursprünglichen Messprofile in Fahrtrichtung gesehen um 0.5 m zurückverlegt. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu den früheren Messergebnissen ist jedoch gewährleistet. (Anordnung und Anzahl der Messprofile siehe S. 16).

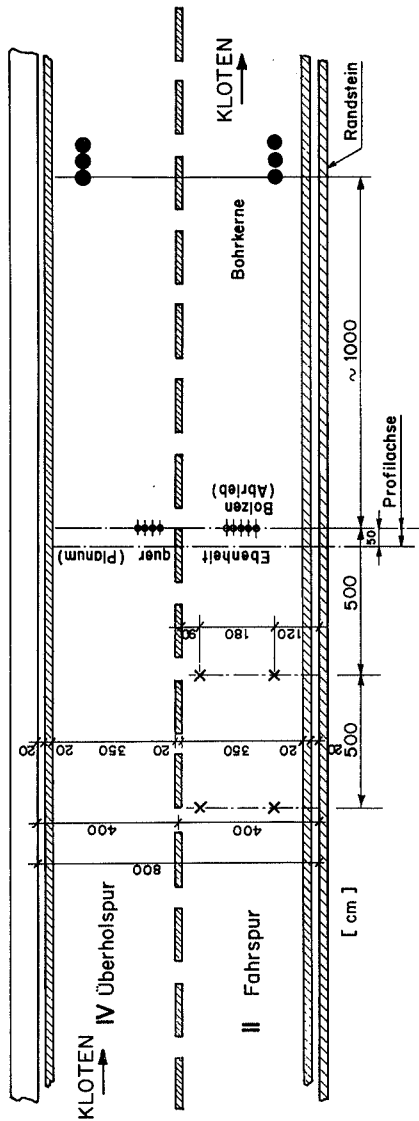
Ebenheitsmessung im Längsprofil

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit durchgeführte Mess- und Auswertemethode ist seit März 1977 normiert (SN 640 520a). Die entsprechenden Anforderungen sind in der ebenfalls seit März 1977 gültigen Norm 640 521a festgehalten. Die Messungen erfolgten mit dem Winkelmessgerät des ISETH. Die durch die im Rahmen des FA 30/77 im Herbst 1978 entnommenen Ausschnitte aus dem Normalfahrstreifen entstandenen Unebenheiten wurden bei den Ergebnissen der folgenden Messungen eliminiert.

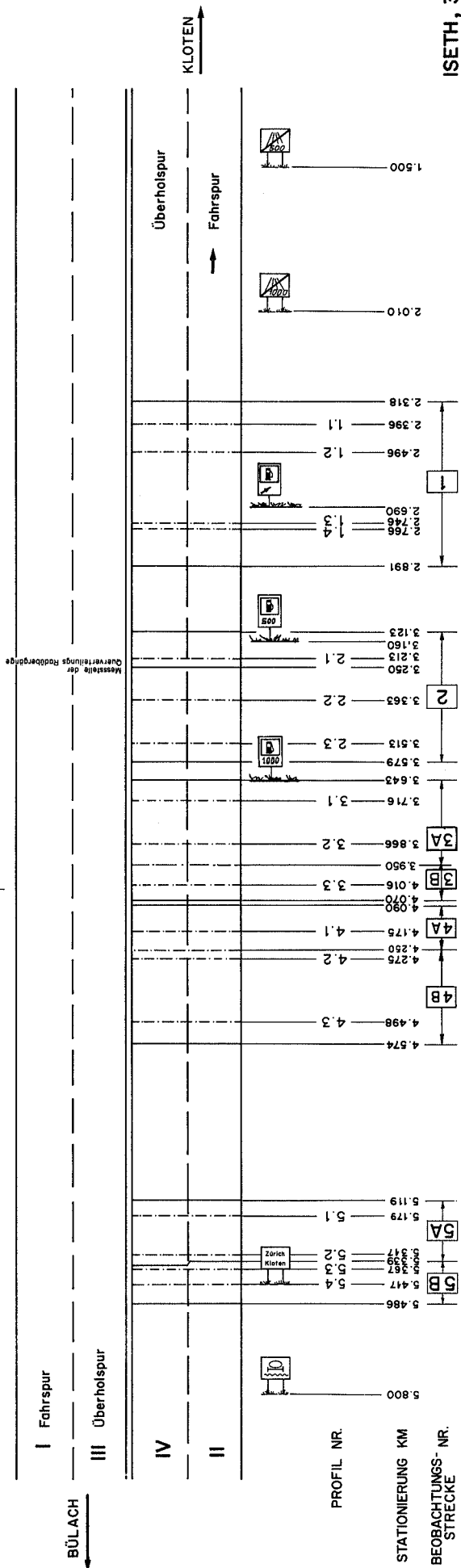
Situationsplan

Beobachtungsstrecke HVS KLOTEN – BÜLACH N 16

Anordnung der Messprofile
und Messstellen der
Griffigkeit mit SRT – Pendel X



Knotenstelle der
Querverteilung des Rodbergganges



ISETH, 3.3.81

Griffigkeitsmessungen mit dem SRT-Gerät (Pendel)

Alle Griffigkeiten wurden gemäss Norm 640 511 gemessen und ausgewertet. Seit Mai 1980 ist diese Norm durch SN 640 511a ersetzt. Die vorliegenden SRT-Werte würden lediglich durch eine kleine Aenderung der Temperatur-Korrekturen geringfügig beeinflusst.

Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer

Die systematisch ausgeführten Messungen auf dem Fahr- und Ueberholstreifen der Jahre 1978 bis 1980 erfolgten mit der Geschwindigkeit von 80 km/h und blockiertem Rad mit AICPR-Reifen (zusätzlich wurde oft auch mit 60, 80, 100 km/h bei blockiertem Rad und bei ca. 15% Schlupf gemessen). Gemäss Norm 640 511a (Genehmigung im Mai 1980) sind Anforderungen für Strassen mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit $V_z > 100$ km/h bei 80 km/h und blockiertem Rad gestellt.

Die Skiddometermessungen der Jahre 1972 - 1976 wurden noch mit ASTM-Reifen durchgeführt. Zum Vergleich sind diese bei blockiertem ASTM-Reifen gemessenen Werte auf solche entsprechend mit AICPR-Reifen gemessenen Werte umgerechnet (vgl. Seite 38). Dabei vermindern sich die μ -Werte um etwa 2 bis 4%. (Für Messungen mit Schlupf sind keine Umrechnungsfaktoren bekannt.) In den graphischen Darstellungen sind die bei 80 km/h gemessenen μ -Werte mit blockiertem Rad und AICPR-Reifen bzw. die entsprechend umgerechneten Werte aufgeführt.

Augenschein

Bei jedem Augenschein wurden die einzelnen Strecken abgesritten und verschiedene Kriterien anhand von Beurteilungsskalen systematisch erfasst. Ein spezieller Augenmerk galt auch den besonderen Vorkommnissen. Insgesamt wurden zur Dokumentation auch zahlreiche fotografische Aufnahmen gemacht.

E. MESSUNGEN ISETH: ERGEBNISSE

V. Ebenheitsmessungen im Querprofil (Planum)

Auswertung der Planumaufnahmen:

Angabe der Vertiefungen, Erhöhungen und Wassertiefen in mm

	TEILMESSSTRECKE 1																M I T T E L			
	Profil Nr. 1.1 (FS)				1.2. (FS)				1.3. (FS)				1.4. (FS)				1.			
	Querneigung 1.92 ‰				Querneigung 2.7 ‰				Querneigung 2.4 ‰				gegen Nullmessung maximale				gegen Nullmessung maximale			
	Wassertiefe				Wassertiefe				Wassertiefe				Wassertiefe				Wassertiefe			
	Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts
Nullmessung 13.9.1972																				
19. 3.1973	1.5	1															1.3	1.1	1.2	
13. 3.1974	2	3															3.1	3.1	3.1	
26.11.1974	2.5	3.5															3.3	3.8	3.6	
12. 5.1975	3.5	4															3.5	3.9	3.7	
25.11.1975	3.5	4															3.9	5.0	4.5	
8. 4.1976	3.5	5															3.9	5.3	4.6	
17.11.1976	3.5	5															4.5	5.4	5.0	
20. 6.1978	4.5	5															5.1	5.4	5.3	
14. 5.1979	5	5.5															5.9	5.5	5.7	
20. 5.1980	5.5	5.5															6	5.5	5.8	0.3 0.1

KLOTEN-BÜLACH, AUSWERTUNG DER PLANUMAUFNAHMEN DER MESSPROFILE IN MM

TEILMESSSTRECKE 2														MITTEL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Profil Nr. 2.1. (FS)				2.2. (FS)				2.3. (FS)				Querneigung 2,2 %		2.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
gegen Nullmessung maximale				gegen Nullmessung maximale				gegen Nullmessung maximale				Wassertiefe 2,2 %		gegen Nullmessung maximale		Wassertiefe																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung		Vertiefung		Erhöhung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
20. 3.1973	2.5	2				2	2.5			1.5	1	1		2	1.8	1.9	0.3	0	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</

KLOTEN - BÜLACH, AUSWERTUNG DER PLANUMAUFNAHMEN DER MESSPROFILE IN MM

	TEILMESSSTRECKE 3 A										TEILMESSSTRECKE 3 B					TEILMESSSTRECKE 3 A					MITTEL	
	Profil Nr. 3.1. (FS)					3.2. (FS)					3.3. (FS)					Profil 3.1. , 3.2.						
	gegen Nullmessung maximale					gegen Nullmessung maximale					gegen Nullmessung maximale					gegen Nullmessung maximale					Wassertiefe	
	Vertiefung		Erhöhung		links	links		rechts		links	links		rechts		links	links		rechts		links	rechts	
	rechts	links	rechts	links		rechts	links	rechts	links		rechts	links	rechts	links		rechts	links	rechts	links		rechts	links
Nullmessung 24. 8.1972	2	2.5																				
20. 3.1973	6	7.5	1		1.5	3.5				4	5					1.8	3.0	2.4				4.5
12. 3.1974	6	8.5	1	3	7	9				4	5.5					6.5	8.3	7.4				6.5
26.11.1974	6	8.5	1	3	7	10				4	6					6.5	9.3	7.9	0.5	1.0	1.3	0.5
12. 5.1975	6	8.5	1	3	7	10				5	6					6.5	9.3	7.9	0.5	2.0	1.3	0.5
25.11.1975	8	10	1	4	8.5	10.5				5	6					8.3	10.3	9.3	0.5	2.5	1.5	2.3
8. 4.1976	8	10	2.5	4.5	8.5	10.5				6	7					8.3	10.3	9.3	2.5	3.5	3.0	9.2
17.11.1976	8.5	10	2.5	4.5	11.0	12.0				8.5	9.5					9.8	11.0	10.4	2.5	3.5	3.0	10.0
20. 6.1978	9	10	3.5	6	12.5	12				9.5	9.5					10.8	11	10.9	3	4.5	3.8	10.8
14. 5.1979	10.5	10	4	6	12.5	12				9.5	9.5					11.5	11	11.3	3.3	4.5	3.9	10.8
20. 5.1980	10.5	10	4	7	12.5	12				10.5	9.5					11.5	11	11.3	3.3	5	4.1	11.3

KLOTEN - BÜLACH, AUSWERTUNG DER PLANUMAUFNAHMEN DER MESSPROFILE IN MM

TEILMESSSTRECKE 4 A										TEILMESSSTRECKE 4 B										TEILMESSSTRECKE 4 B						MITTEL															
Profil Nr. 4.1. (FS)					Querneigung 2.4 %					4.2. (FS)					Querneigung 4.2 %					4.3. (FS)					Querneigung 4.3 %					Profil 4.2. , 4.3.											
gegen Nullmessung maximale					Wassertiefe					gegen Nullmessung maximale					Wassertiefe					gegen Nullmessung maximale					Wassertiefe					gegen Nullmessung maximale					Wassertiefe					Wassertiefe	
Vertiefung		Erhöhung				links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts									
2	2.5					2	4.5	5.5	2	1					3.5	6.5	6	1																							
20. 3.1973	6					1																											2.0								
12. 3.1974	6.5	7	1			2	5	8	2	2.5					6.5	6	6.5	1.5	2.5														5.3								
26.11.1974	6.5	7	1			2	6	8	2	2.5					7	6.5	6.5	1.5	2.5														5.5								
12. 5.1975	7.5	8.0	2			3.5	6	8	4	4.5					1.5	8	7.5	1.5	3.5														7.5								
25.11.1975	7.5	8.0	2	2.5		4	6	8	4.5	4.5					2	8.5	8	7.5	3	3.5													7.5								
8. 4.1976	9.5	10	2	2.5		5.5	8	9	5.0	5.0					5.0	9.0	9	8	3.0	5.0													8.0								
17.11.1976																																									
20. 6.1978	9.5	10	2	3.5		5.5	9	9	5	6					5	9.5	10	8	3.5	7													9.8								
14. 5.1979	10	10	2	3.5		6	9.5	9	5	6					5	9.5	10	8	3.5	7													10								
20. 5.1980	11	10	2.5	4		3	6.5	9.5	9	6					5	11	10.5	8	5	8													10.8								

KLOTEN - BÜLACH, AUSWERTUNG DER PLANUMAUFNAHMEN DER MESSPROFILE IN MM

	TEILMESSSTRECKE 5 A										M I T T E L			
	Profil Nr. 5.1. (FS)			5.2. (FS)			Querneigung 2.6 %			5. A. (FS)				
	gegen Nullmessung maximale			gegen Nullmessung maximale			Wassertiefe			gegen Nullmessung maximale			Wassertiefe	
	Vertiefung		Erhöhung	Vertiefung		Erhöhung	Vertiefung			Vertiefung		Erhöhung		
	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	Mittel	links	rechts	links
20. 3.1973	1	1.5			1	22				1	1.8	1.4		0.3
12. 3.1974	4	6			4.5	55				4.3	5.5	4.9		1.5
26.11.1974	4	6			6	6.5	1.5			5	6.3	5.7		1.5
12. 5.1975	4	6			6	6.5	1.5			5	6.3	5.7		1.5
25.11.1975	6.5	7.5	1		7.5	7.5	2.0	1.5		7	7.5	7.3	1.3	2.3
8. 4.1976	6.5	7.5	1		7.5	7.5	2.0	1.5		7	7.5	7.3	1.3	2.3
17.11.1976	6.5	8.5	1		8.0	8.0	2.5	1.5		7.3	8.3	7.8	1.3	2.8
20. 6.1978	8	8.5	2		8	8	4	3		8	8.3	8.1	2.5	3.5
14. 5.1979	8	8.5	2		9	8	4	3.5		8.5	8.3	8.4	2.8	4.5
20. 5.1980	8	10	2		9	8	5	3.5	1	8.5	9	8.8	2.8	5
													0.5	

KLOTEN - BÜLACH, AUSWERTUNG DER PLANUMAUFNAHMEN DER MESSPROFILE IN MM

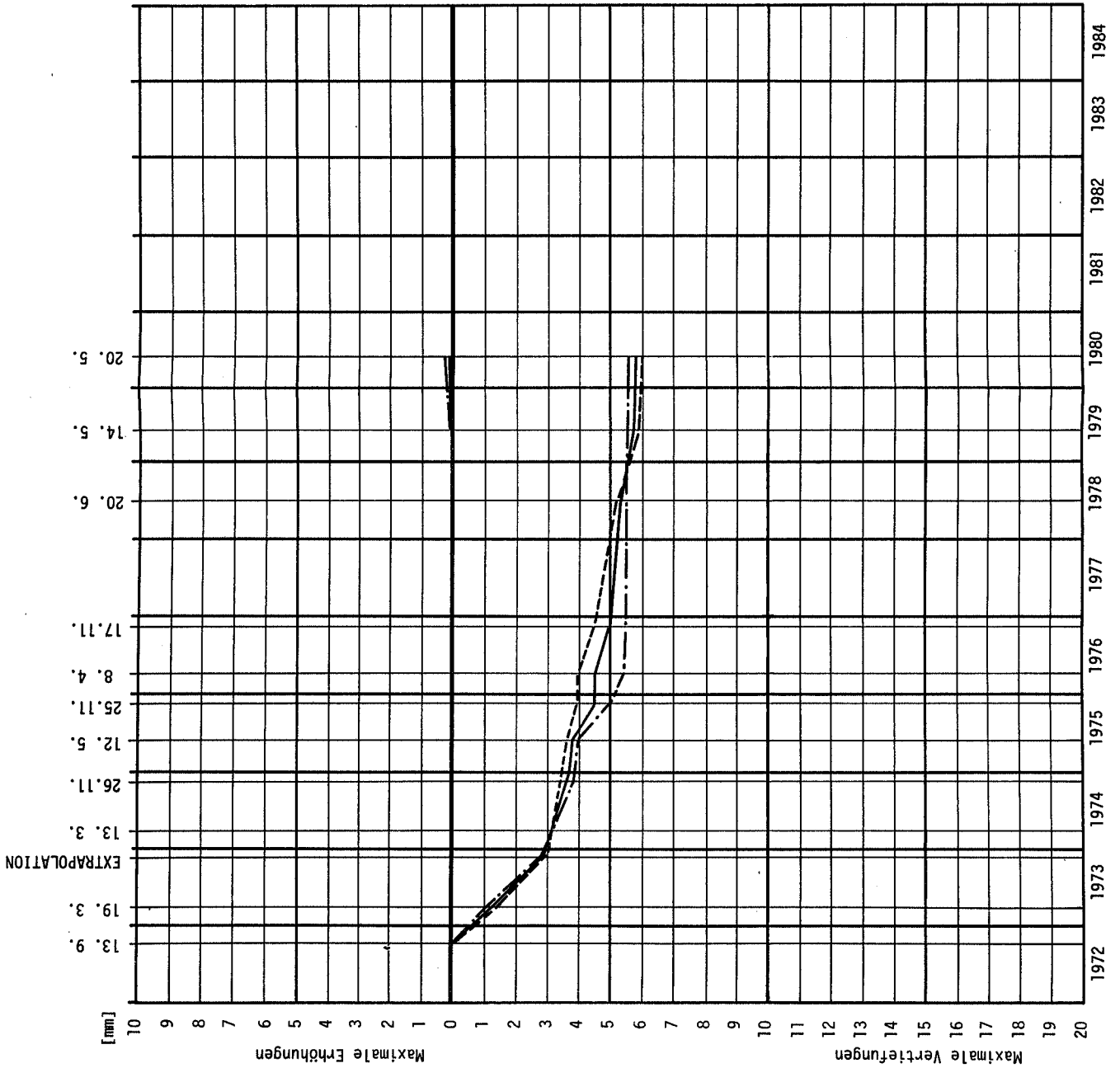
TEILMESSSTRECKE 5 B														MITTEL											
Profil Nr. 5.3. (FS)														5.4. (FS)						5.5. (FS)					
gegen Nullmessung maximale														gegen Nullmessung maximale						gegen Nullmessung maximale					
Vertiefung				Erhöhung				Vertiefung				Erhöhung				Vertiefung				Erhöhung					
links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts		links		rechts			
20. 3.1973	2	3						0.5	1							1.3	2	1.7							
12. 3.1974	8.5	8.5	1	1	0.5	5.5		6.5	8.5	1.5	1.5	6	7.0			7.5	8.5	8.0	1.3	1.3	3.3	6.3			
26.11.1974	9	8.5	1.5	3	4	6.5		8.0	9.5	2.0	2.5	7	9.0			8.5	9.0	8.8	1.8	2.8	5.5	7.8			
12. 5.1975	9	9.5	1.5	2	2	6.5		8.5	10.0	2.0	2.5	7	9.5			8.8	9.8	9.3	1.8	2.3	4.5	8.0			
25.11.1975	10	10	1.5	2	2	7.0		9.5	11.5	2.0	2.5	7.5	11.0			9.8	10.8	10.3	1.8	2.3	4.8	9.0			
8. 4.1976	10	10	1.5	2	2	7.0		9.5	11.5	2.0	2.5	7.5	11.0			9.8	10.8	10.3	1.8	2.3	4.8	9.0			
17.11.1976	10.5	10.5	2.0	2.5	3.5	8.0		9.5	12.0	3.0	2.5	9.0	11.5			10	11.3	10.7	2.5	2.5	6.3	9.8			
20. 6.1978	11	10.5	2	4	4.5	9.5		11	12	3	3	11	12			11	11.3	11.1	2.5	3.5	3	10.8			
14. 5.1979	11	10.5	2	4	5.5	10		12	12	3	3	12.5	12			11.5	11.3	11.4	2.5	3.5	3	11			
20. 5.1980	12	10.5	2	4	7	10		12	12	3	3	12.5	12			12	11.3	11.6	2.5	3.5	3	11			

BEOBACHTUNGSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 1 Teilmessstrecke
- 1.1÷1.4 Profilnummer



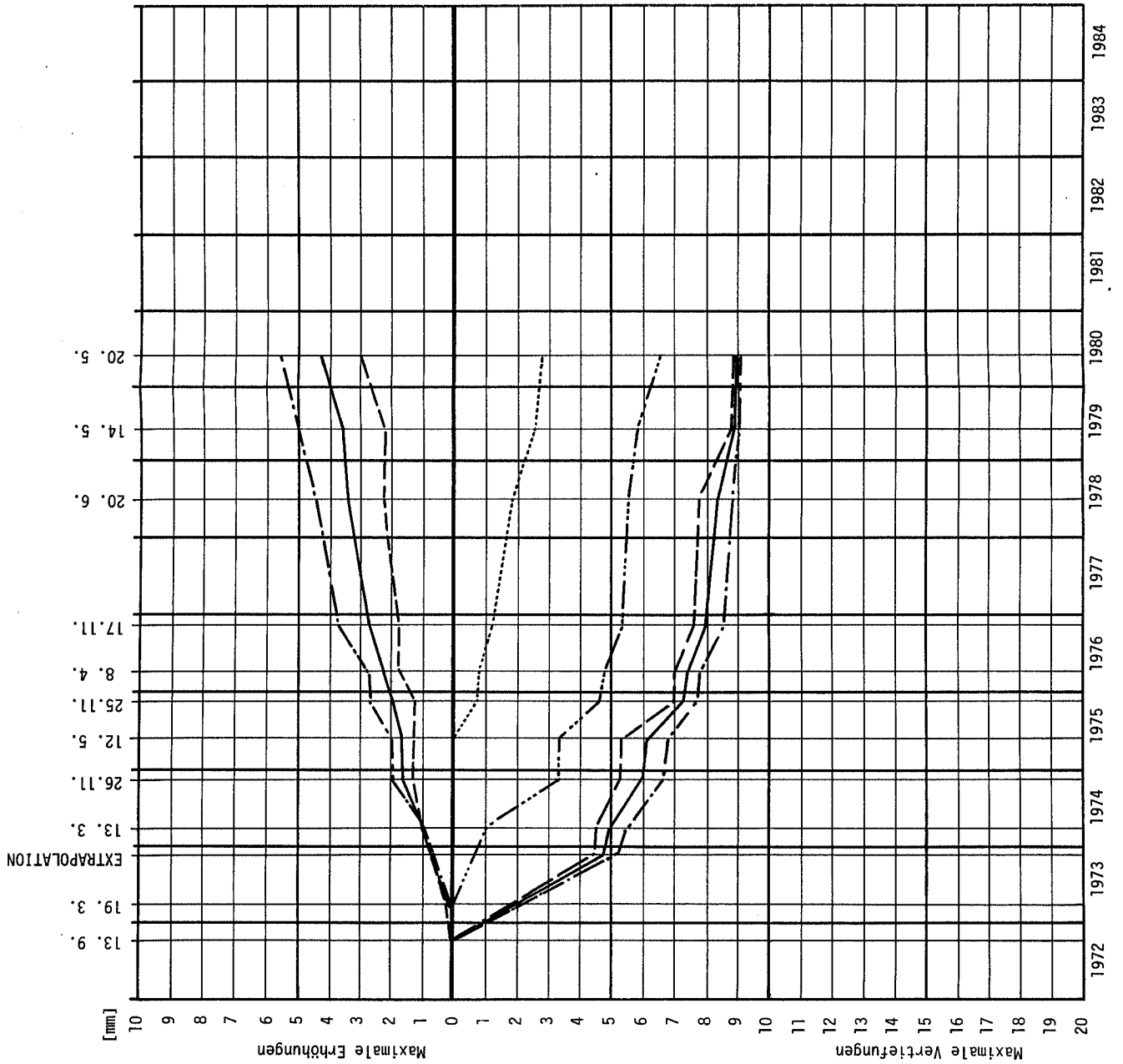
ISETH
Jan. 1981

BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Quernebenen
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- Mittel der beiden
Radspuren
- Wassertiefe in der
linken Radspur
- Wassertiefe in der
rechten Radspur
- 2 Teilmessstrecke
- 2.1 ÷ 2.3 Profilnummer

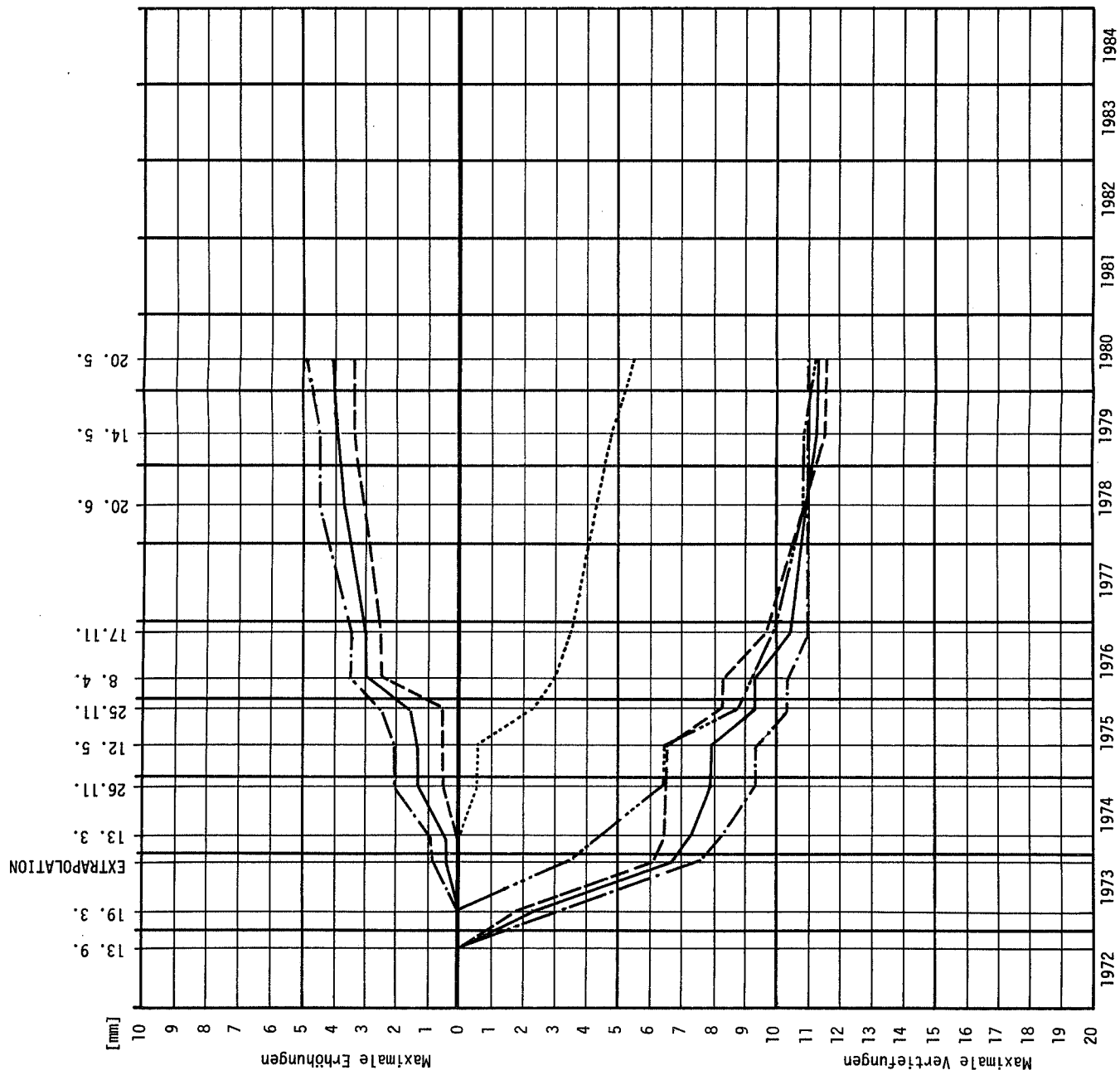


BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 3 A Teilmesssstrecke
- 3.1; 3.2 Profilnummer



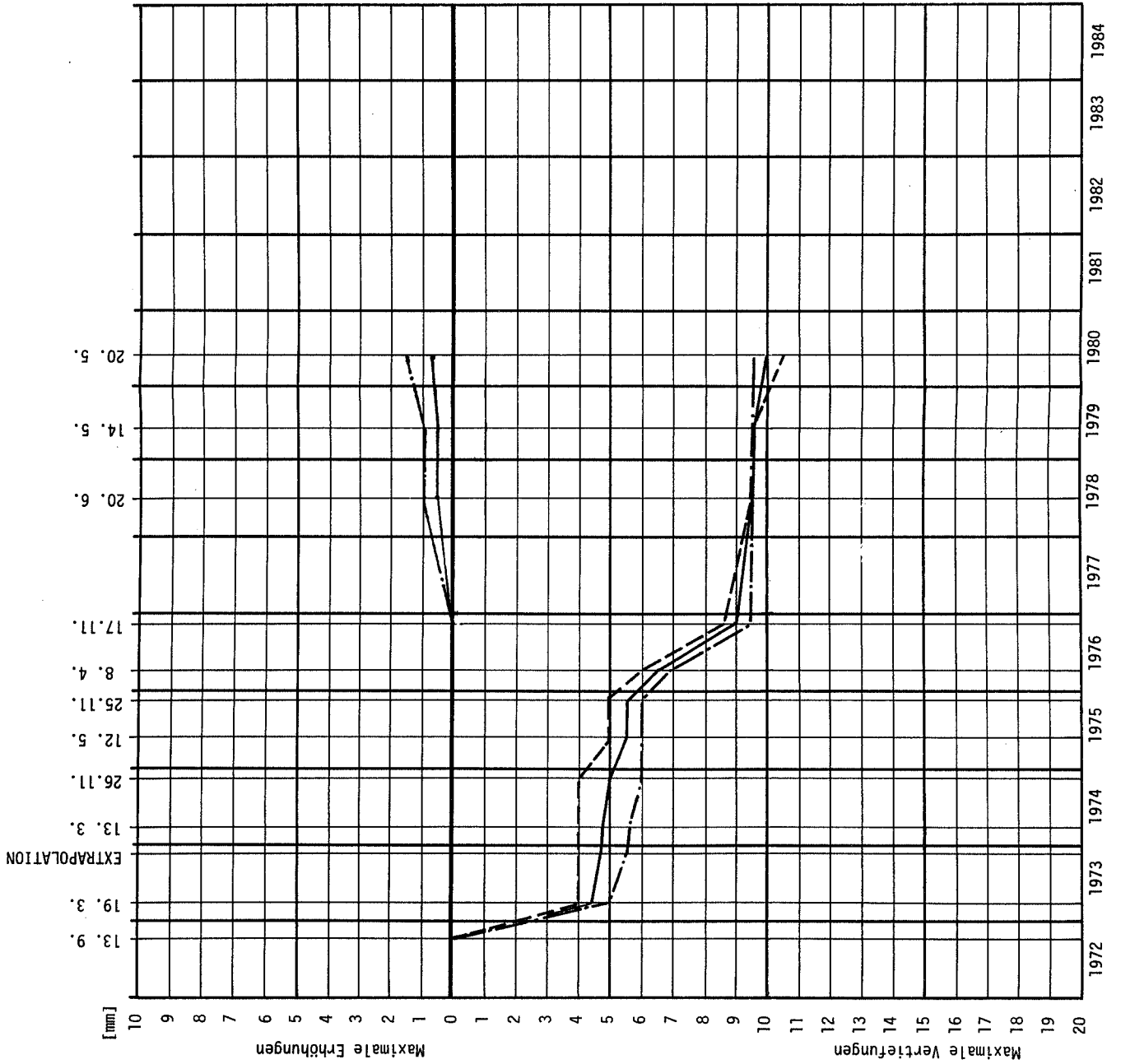
ISETH
Jan. 1981

BEOBACHTUNGSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- . - . - Mittel der beiden
Radspuren
- Wassertiefe in der
linken Radspur
- Wassertiefe in der
rechten Radspur
- 3 B Teilmessstrecke
- 3.3 Profilnummer

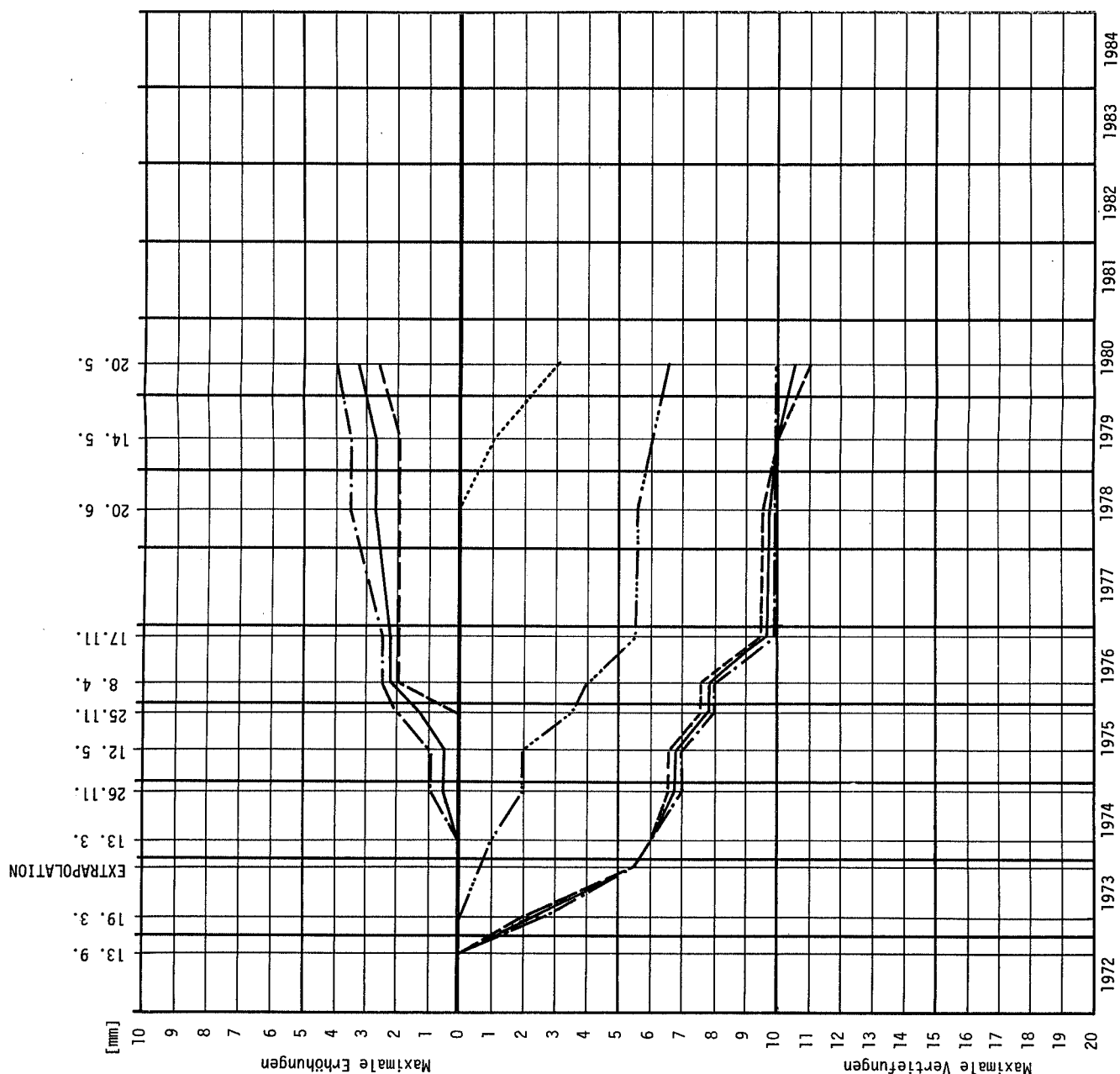


BEOBSACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- . - . - rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 4 A Teilmesssstrecke
- 4.1 Profilnummer



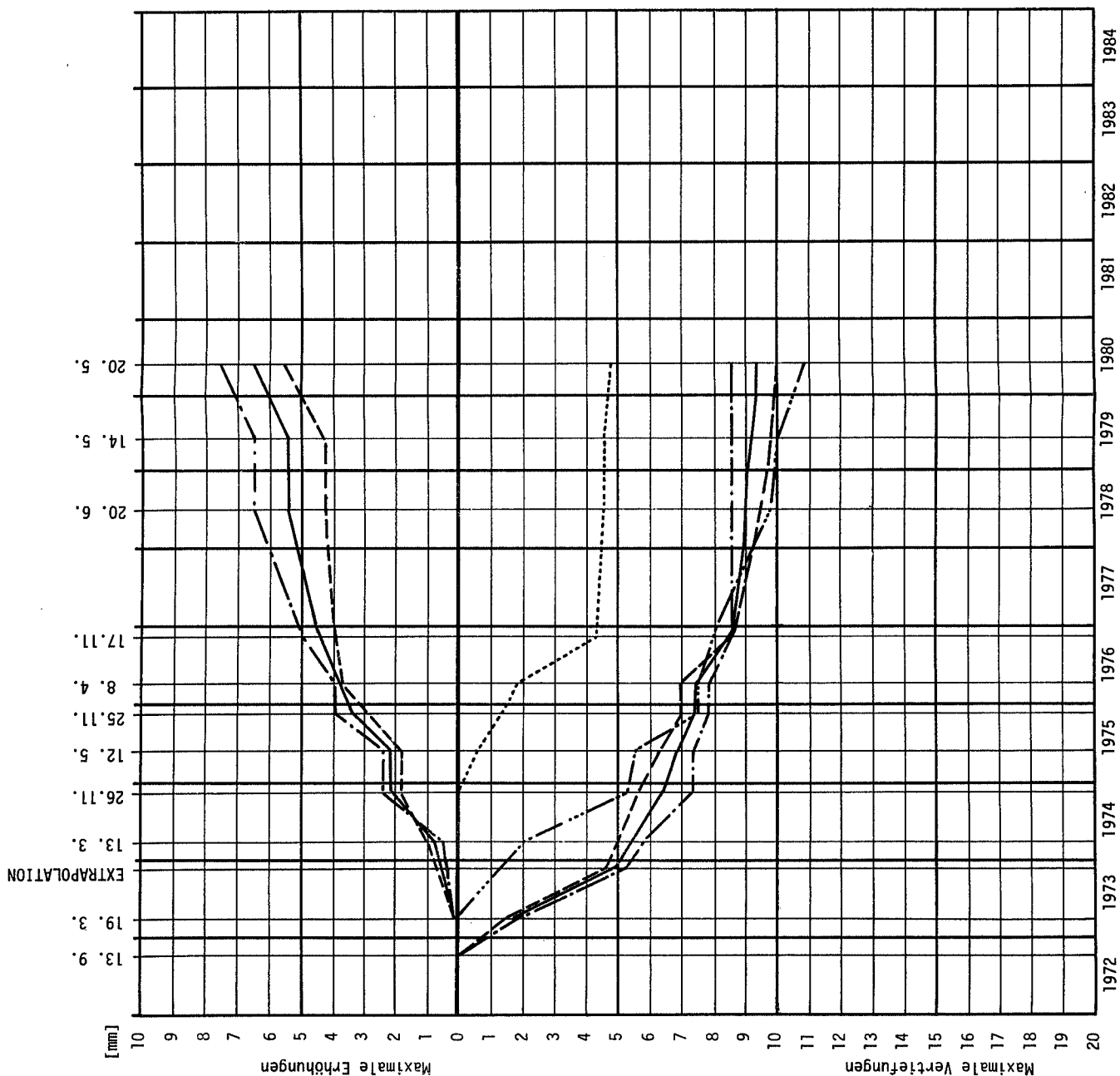
ISETH
Jan. 1981

BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 4 B Teilmesssstrecke
- 4.2; 4.3 Profilnummer

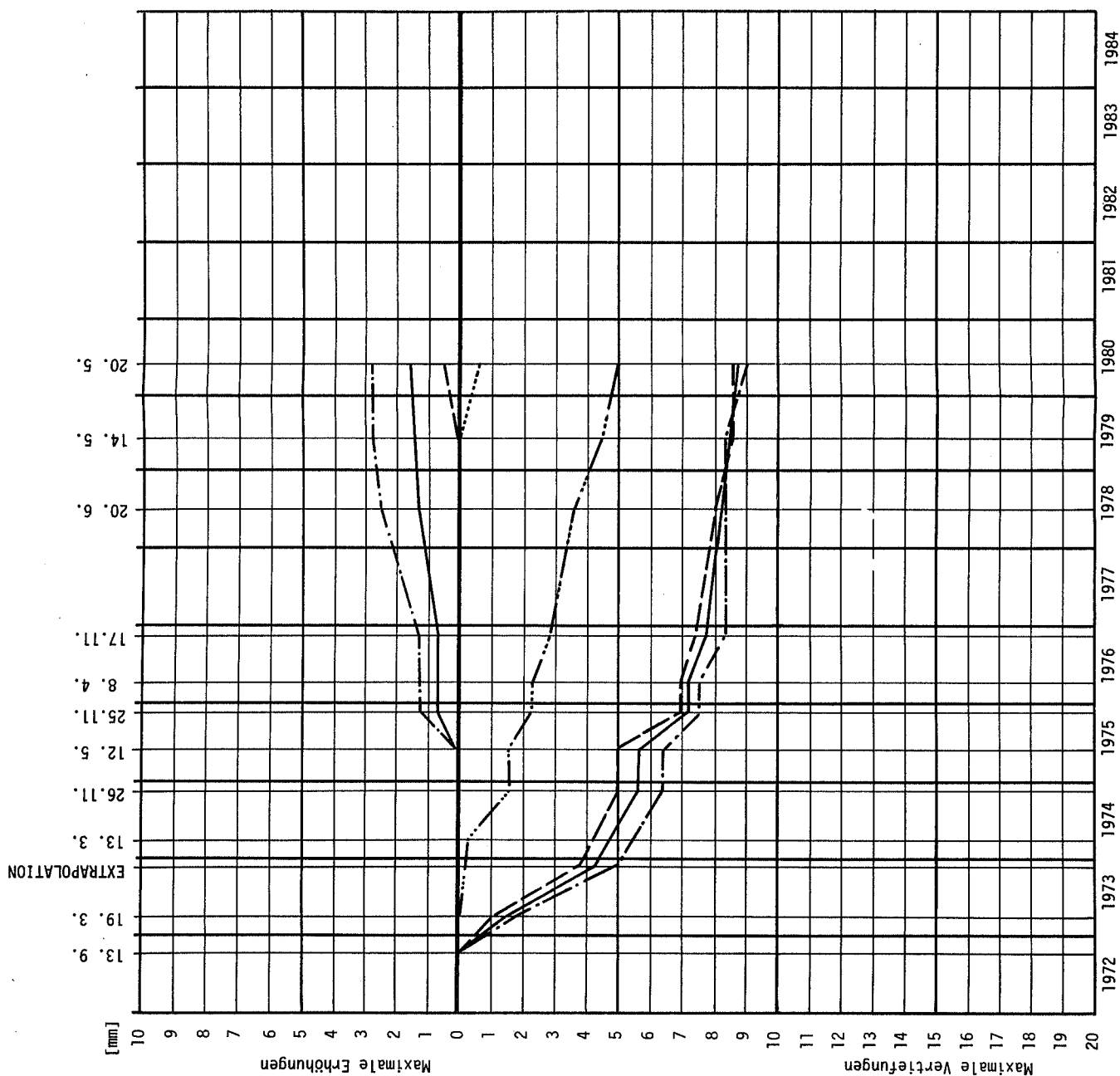


BEOBACHTUNGSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querebenenheiten
wie sie aus den Planungsstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- Linke Radspur
- - - rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 5 A Teilmesstrecke
- 5.1; 5.2 Profilnummer

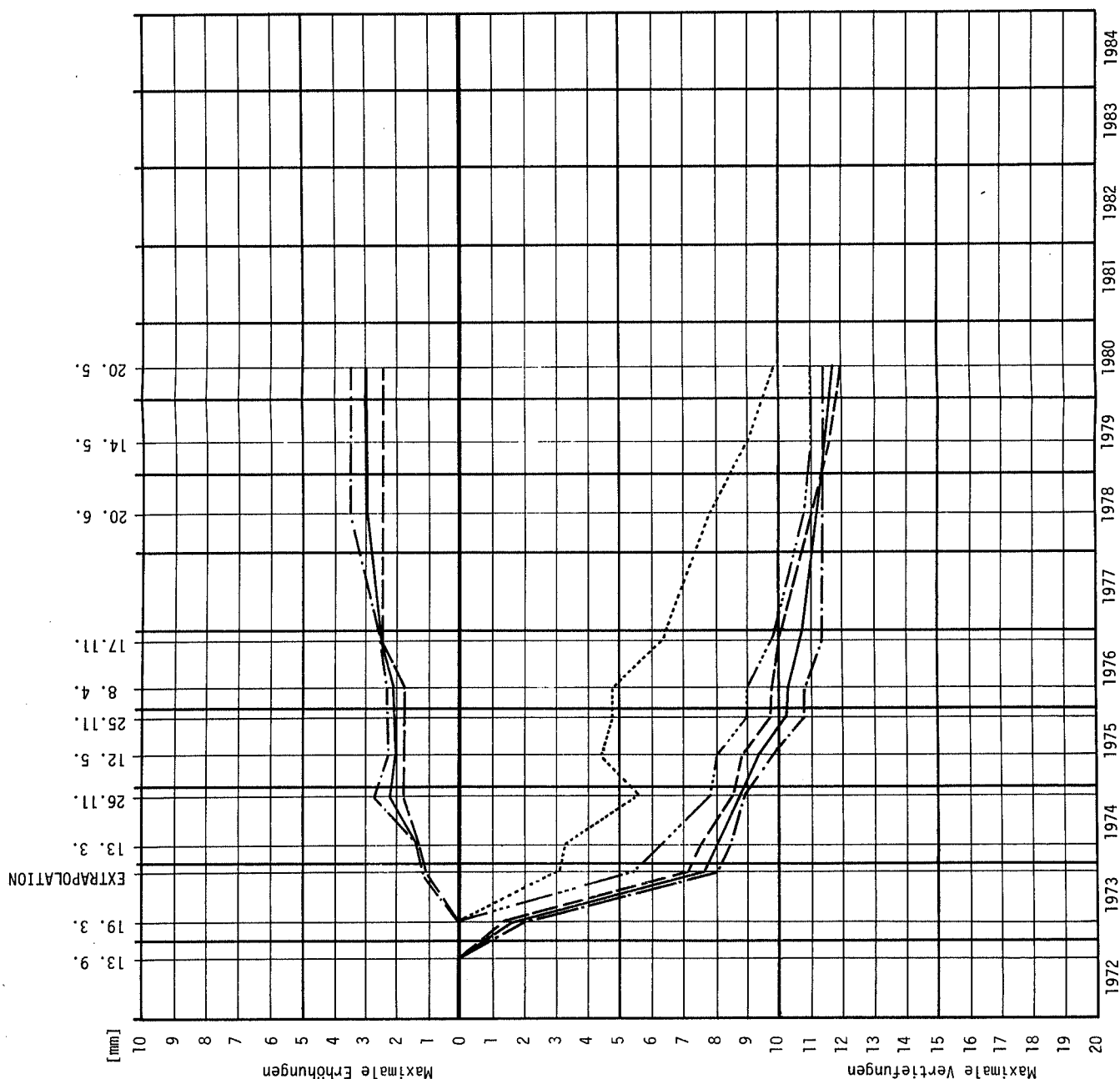


BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Querunebenheiten
wie sie aus den Planungstreifen
ermittelt wurden

LEGENDE:

- linke Radspur
- rechte Radspur
- Mittel der beiden Radspuren
- Wassertiefe in der linken Radspur
- Wassertiefe in der rechten Radspur
- 5 B Teilmesssstrecke
- 5.3; 5.4 Profilnummer



VI. Ebenheitsmessungen im Längsprofil
(mit Winkelmessgerät)

sw-Werte [%]

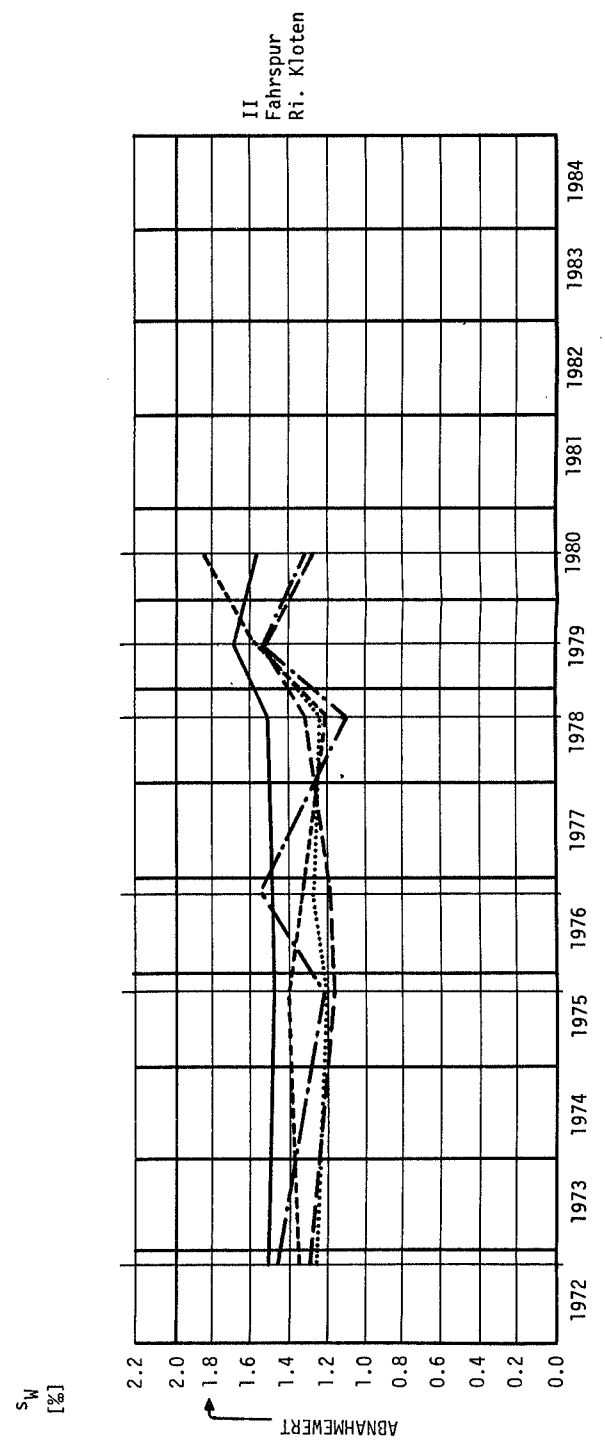
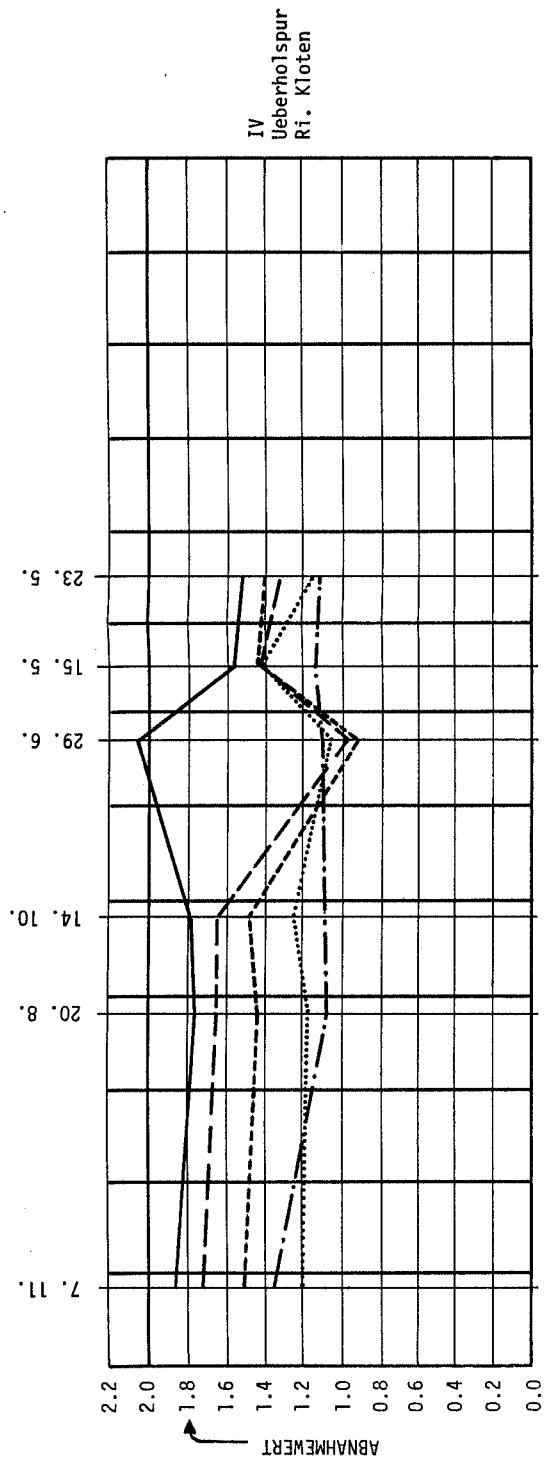
Teilmess- strecke Nr.	29.6.1978		15.5.1979		23.5.1980	
	Fahr- spur	Ueberhol- spur	Fahr- spur	Ueberhol- spur	Fahr- spur	Ueberhol- spur
5	1,20	0,93	1,59	1,44	1,81	1,40
4	1,09	1,10	1,58	1,13	1,32	1,11
3	1,23	1,09	1,56	1,41	1,33	1,15
2	1,33	0,98	1,49	1,41	1,27	1,32
1	1,52	2,05	1,68	1,56	1,58	1,53

BEOBACHTUNGSTRECKEN HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Unebenheit
in der Längsrichtung,
mit Winkelmessgerät ermittelt

LEGENDE: Teilmessstrecken

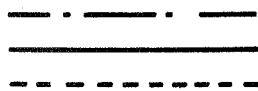
- 1 —————
- 2 - - - - -
- 3
- 4 — · — · —
- 5 - - - - -



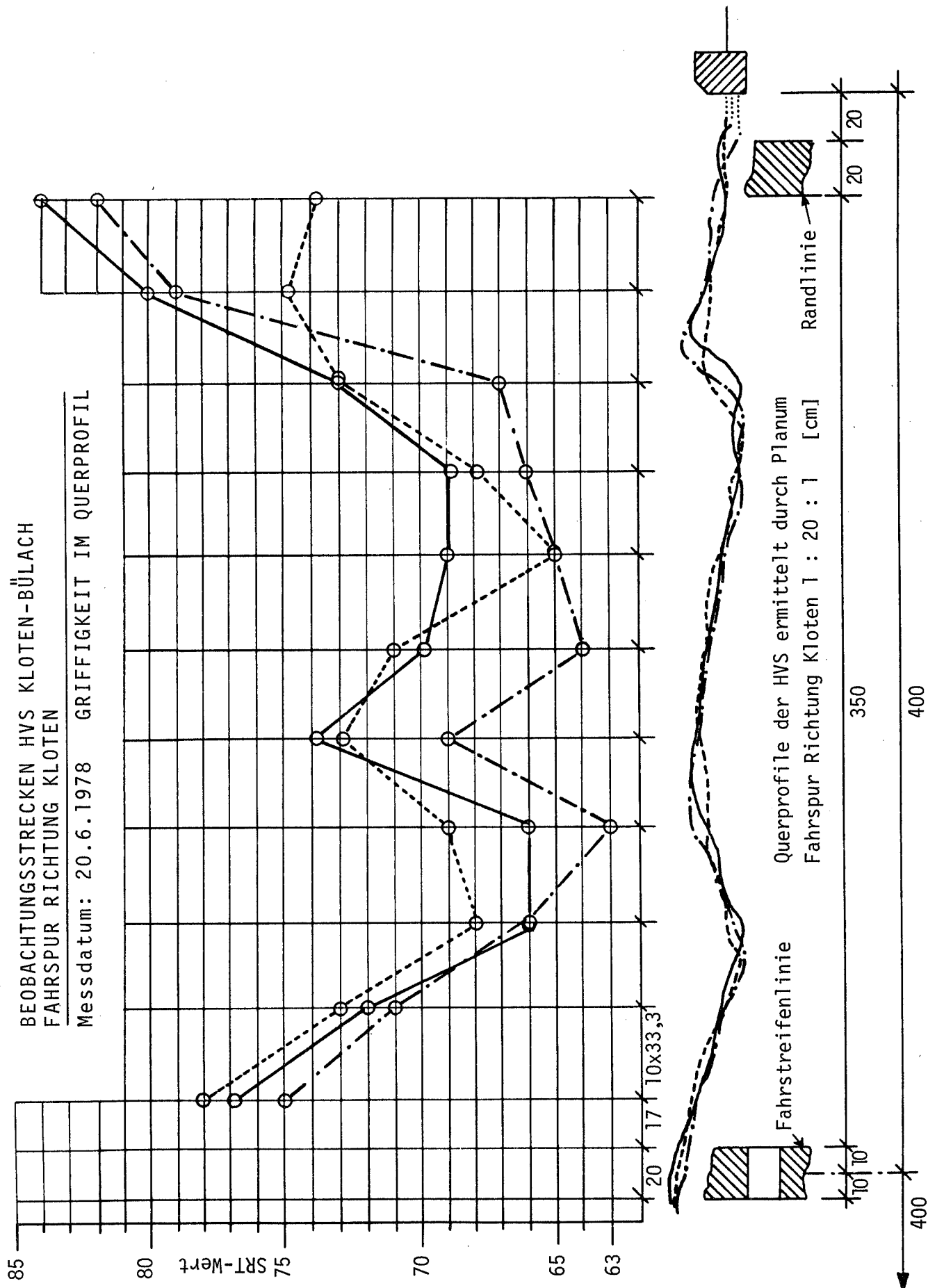
VII. Griffigkeitsmessungen1. Mit dem SRT-Gerät (Pendel)

SRT-WERTE AUF DER FAHRSPUR RICHTUNG KLOTEN
DER BEOBACHTUNGSTRECKE HVS KLOTEN-BÜLACH

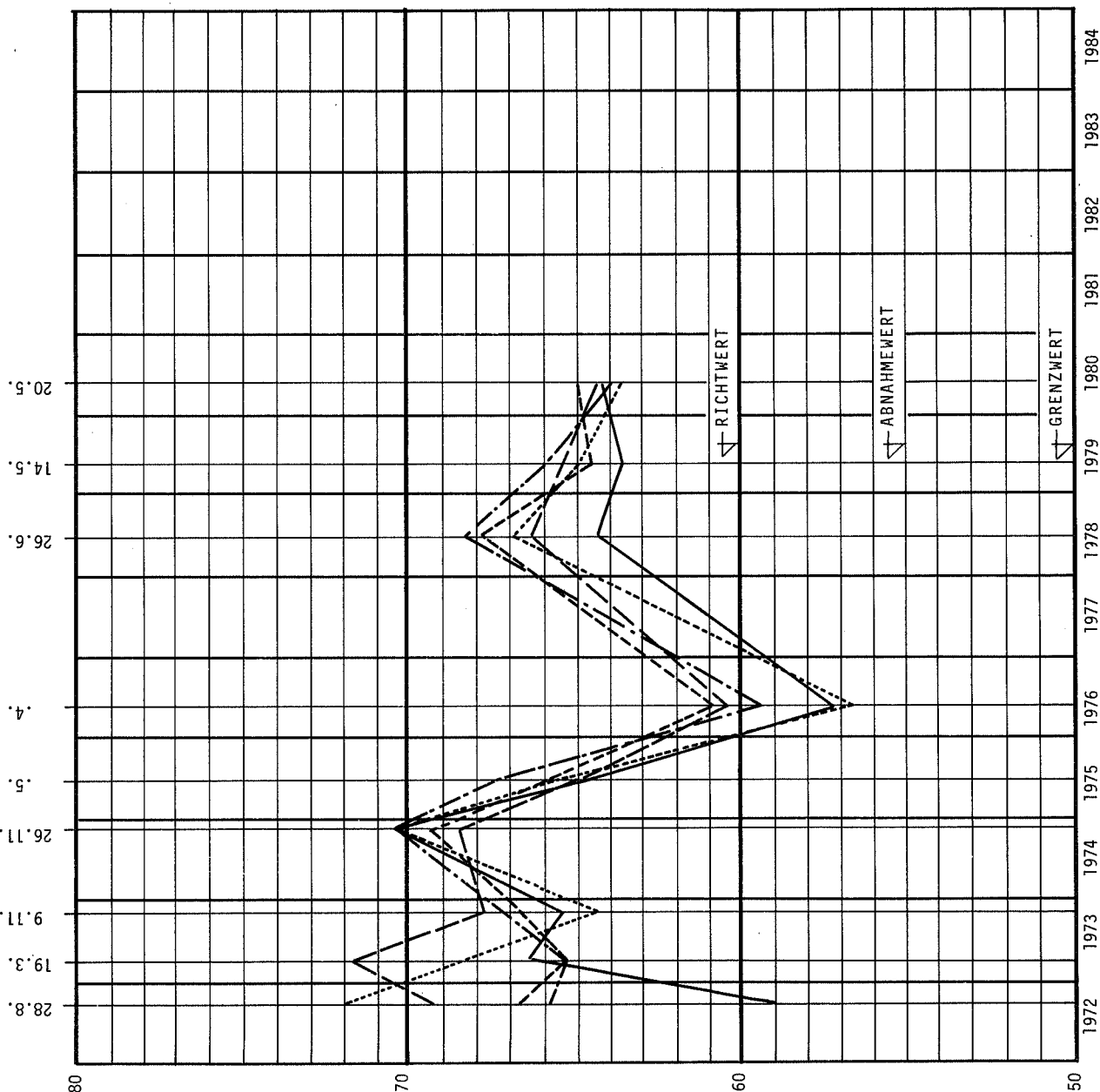
Strecke	Profil Nr.	20.6.78	14.5.79	20.5.80
1	1.1	67.0	62.5	64.3
	1.2	65.0	63.5	66.5
	1.3	62.3	64.5	64.0
	1.4	62.8	63.8	62.0
	Mittel	64.3	63.6	64.2
2	2.1	65.8	65.4	63.8
	2.2	66.3	65.5	63.8
	2.3	66.3	64.6	65.3
	Mittel	66.3	65.2	64.3
3	3.1	65.9	66.0	69.5
	3.2	67.7	64.2	64.3
	3.3	67.3	64.6	63.3
	Mittel	67.0	64.9	63.7
4	4.1	66.8	65.2	64.3
	4.2	67.8	65.8	63.5
	4.3	70.3	66.7	63.9
	Mittel	68.3	65.9	63.9
5	5.1	68.3	66.1	65.0
	5.2	68.3	64.5	64.3
	5.3	67.6	64.2	66.9
	5.4	67.5	63.5	63.8
	Mittel	67.9	64.6	65.0



Stationierung [km]	Profil Nr.	Temperaturen	
		Schleifgummi °C	Strasse °C
3,513	2.3	21	29
4,175	4.1	21	34
5,175	5.1	23	37



SRT-WERT (SNV 640 510/511)



BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Graphische Darstellung der Entwicklung der Griffigkeit der Fahrspur mit dem SRT-Pendel ermittelt

Fahrstreifen (FS)

LEGENDE: Teilmessstrecken

- 1 —————
- 2 - - - - -
- 3
- 4 - . - . -
- 5 - - - - -

2. Griffigkeitsmessungen mit dem Skiddometer

AUF DER BEOBACHTUNGSTRECKE HVS KLOTEN-BÜLACH

TABELLE DER μ -WERTE

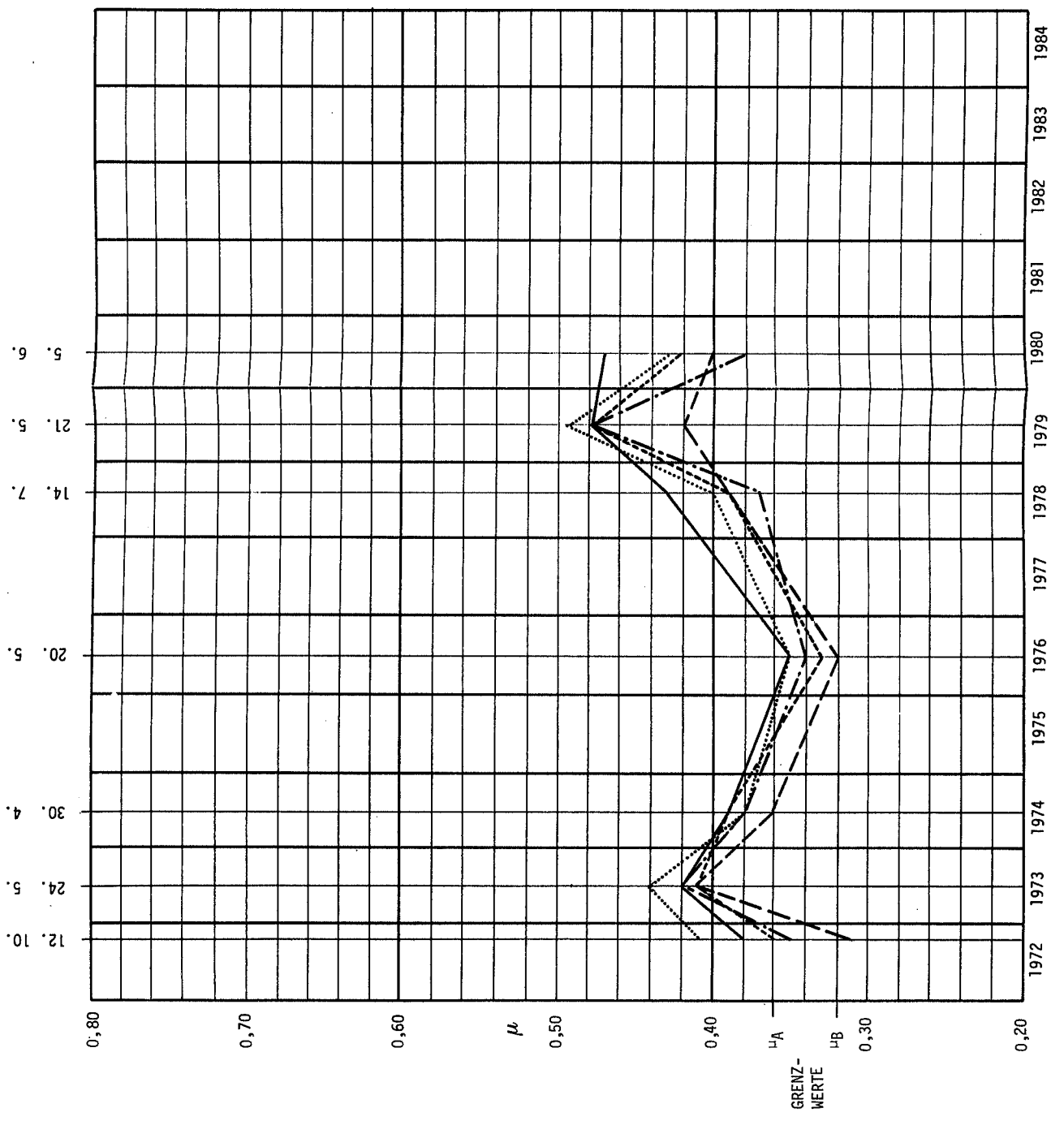
Messart	Strecke Nr.	14. 7. 1978		21. 5. 1979		5. 6. 1980		Fahr- spur	Ueber- hol- spur
		Fahr- spur	Ueber- hol- spur	Fahr- spur	Ueber- hol- spur	Fahr- spur	Ueber- hol- spur		
Block 60 km/h	1	0,49	0,63	0,56	0,68				
	2	0,48	0,61	0,52	0,62				
	3	0,50	0,64	0,55	0,63				
	4	0,46	0,63	0,55	0,63				
	5	0,45	0,63	0,57	0,62				
Block 80 km/h	1	0,43	0,57	0,48	0,62	0,47	0,63		
	2	0,39	0,53	0,42	0,57	0,40	0,59		
	3	0,40	0,57	0,49	0,61	0,43	0,63		
	4	0,37	0,55	0,48	0,59	0,38	0,61		
	5	0,39	0,53	0,48	0,60	0,42	0,61		
Block 100 km/h	1	0,38	0,50	0,46	0,54				
	2	0,30	0,46	0,36	0,52				
	3	0,35	0,49	0,38	0,54				
	4	0,35	0,48	0,38	0,53				
	5	0,32	0,47	0,41	0,54				
Schlupf 60 km/h	1	0,68	0,84	0,80	0,90				
	2	0,61	0,81	0,74	0,86				
	3	0,62	0,83	0,72	0,89				
	4	0,64	0,83	0,74	0,88				
	5	0,63	0,82	0,79	0,89				
Schlupf 80 km/h	1	0,64	0,77	0,74	0,90				
	2	0,47	0,78	0,70	0,86				
	3	0,59	0,80	0,70	0,88				
	4	0,60	0,79	0,68	0,84				
	5	0,59	0,80	0,66	0,86				
Schlupf 100 km/h	1	0,60	0,72	0,65	0,83				
	2	0,54	0,71	0,57	0,78				
	3	0,57	0,73	0,63	0,81				
	4	0,55	0,73	0,67	0,79				
	5	0,57	0,72	0,67	0,78				

MESSUNGEN MIT DEM SKIDDOMETER AUF DER HVS KLOTEN-BÜLACH

Reibungskoeffizient μ

gemessen mit ASTM-Reifen und umgerechnet auf AIPCR-Werte

MESSART	STRECKE	12.10.1972		24.5.1973		30.4.1974		20.5.1976	
		Fahr-spur	Ueber-hol-spur	Fahr-spur	Ueber-hol-spur	Fahr-spur	Ueber-hol-spur	Fahr-spur	Ueber-hol-spur
Block 60 km/h	1	0,45	0,50	0,49	0,59	0,47	0,59	0,43	0,57
	2	0,37	0,46	0,48	0,51	0,41	0,55	0,36	0,57
	3	0,46	0,47	0,49	0,58	0,46	0,62	0,41	0,58
	4	0,42	0,47	0,48	0,58	0,44	0,58	0,36	0,56
	5	0,40	0,48	0,47	0,56	0,42	0,57	0,42	0,57
Block 80 km/h	1	0,38	0,37	0,42	0,52	0,39	0,49	0,35	0,49
	2	0,31	0,34	0,41	0,43	0,36	0,47	0,32	0,50
	3	0,41	0,42	0,44	0,52	0,38	0,52	0,35	0,53
	4	0,35	0,37	0,42	0,49	0,38	0,48	0,34	0,49
	5	0,36	0,37	0,41	0,48	0,39	0,49	0,33	0,48
Block 100 km/h	1	0,32	0,32	0,35	0,42	0,35	0,41	0,32	0,45
	2	0,31	0,32	0,32	0,35	0,30	0,40	0,26	0,40
	3	0,35	0,39	0,38	0,42	0,34	0,50	0,31	0,48
	4	0,34	0,34	0,37	0,42	0,29	0,42	0,28	0,41
	5	0,32	0,36	0,35	0,42	0,31	0,44	0,30	-



BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

Fahrspur Richtung Kloten

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Griffbarkeit
mit dem Skiddometer ermittelt

LEGENDE: Teilmessstrecken

- 1 —————
- 2 - - - - -
- 3
- 4 - . - . -
- 5 - - - - -

Messgeschwindigkeit 80 km/h
mit blockiertem Rad

GRENZ-
WERTE

μ_A

μ_B

BEOBACHTUNGSSTRECKE HVS
KLOTEN - BÜLACH

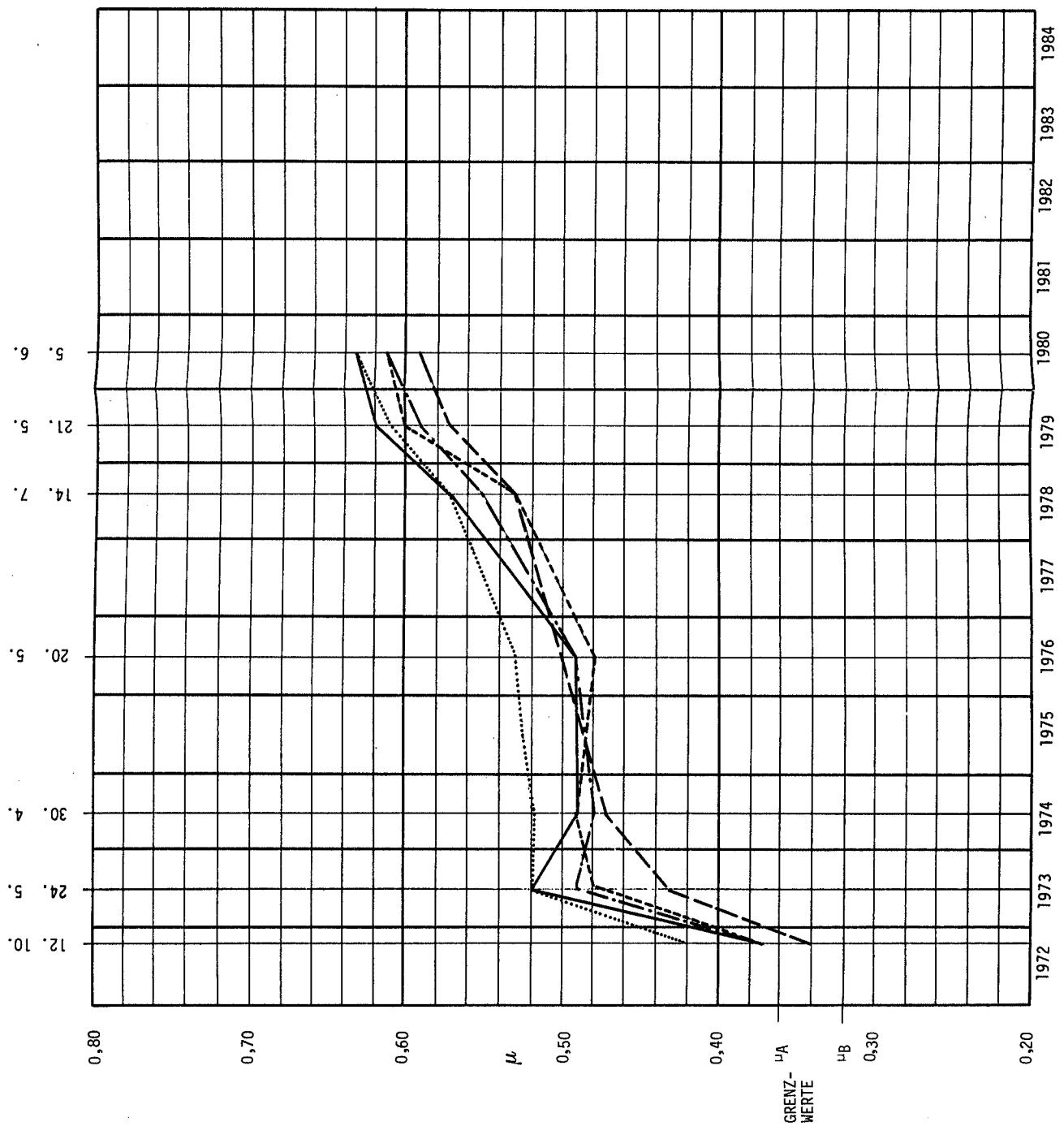
Ueberholspur Richtung Kloten

Graphische Darstellung der
Entwicklung der Griffigkeit
mit dem Skiddometer ermittelt

LEGENDE: Teilmessstrecken

- 1 —————
- 2 - - - - -
- 3
- 4 - . - . -
- 5 - - - - -

Messgeschwindigkeit 80 km/h
mit blockiertem Rad



F. BEOBACHTUNGEN (EMPA)

VIII. Augenscheine

1. Beurteilung verschiedener Kriterien

Beurteilungsskalen

Diese Skalen ermöglichen die Beurteilung des Strassenzustandes, in dem sich die Beobachtungsstrecken durch die Verkehrsbeanspruchung befinden.

- Spurenbildung

Die Spuren werden durch Verformung und Verschleiss gebildet. Wieviel von der Spurenbildung jedoch auf den Verschleiss und wieviel auf die Verformung zurückzuführen ist, ist nicht möglich zu beurteilen.

* Normal, keine eindeutig sichtbare Spurbildung	<u>0</u>
Leichte Spurbildung	1
Beträchtliche Spurbildung	2
Schwerwiegende Spurbildung	3

- Kornausbruch

Zu beurteilen ist hier die Menge der durch Verkehrs- und Witterungseinflüsse aus der Fahrbahnoberfläche verlorengegangenen Splittkörner.

* Kein Kornausbruch	<u>0</u>
Vereinzelter Kornausbruch	1
Leichter Kornausbruch	2
Mittlerer Kornausbruch	3
Starker Kornausbruch	4
Sehr starker Kornausbruch	5

* = optimale(r) Eigenschaft/Zustand

- Kornzertrümmerung

Infolge Verkehrseinwirkung können einzelne Splittkörner zunächst im Mörtelbett zerschlagen werden und zu einem späteren Zeitpunkt herausbrechen. Zu beurteilen ist der Umfang dieser Kornzertrümmerung.

* Vereinzelte	Kornzertrümmerung	<u>0</u>
Leichte	Kornzertrümmerung	1
Mittelstarke	Kornzertrümmerung	2
Starke	Kornzertrümmerung	3
Sehr starke	Kornzertrümmerung	4

- Oberflächenbeschaffenheit

Bei der Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit sollen Verschleiss-, Verformungs- und Spurbildungserscheinungen nicht erfasst werden.

Sehr rauhe	Oberfläche	1
Rauhe	Oberfläche	2
Angerauhte	Oberfläche	3
* Normal geschlossene Oberfläche, aus der einzelne Gesteinsspitzen hervorschauen, ohne glatte Stellen		<u>4</u>
Leicht glatte Oberfläche		5
Glatte	Oberfläche	6
Sehr glatte	Oberfläche	7

* = optimale(r) Eigenschaft/Zustand

- Allgemeinzustand

Werden alle Faktoren des augenblicklichen Zustandes der Fahrbahnoberfläche berücksichtigt und zu einem umfassenden Urteil, unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile, zusammengefügt, so ergibt sich eine Note für den Allgemeinzustand des Belages. Sie ergibt sich nicht aus der mathematischen Addition der Beurteilungswerte aus den übrigen Punkten, da die Beurteilung des Allgemeinzustandes auch Dinge in Betracht zieht, die nicht gesondert aufgeführt wurden.

* Sehr gut, keine <u>wahrnehmbaren</u> Fehler	<u>1</u>
Gut, kein <u>wesentlicher</u> Fehler	2
Noch <u>annehmbar</u>	3
Beträchtliche Fehler, aber noch <u>verkehrsbereit</u>	4
Unzureichend, erfordert <u>alsbaldige</u> Ausbesserung	5
Schlecht, erfordert <u>sofortige</u> Ausbesserung	6

Weitere Beurteilungspunkte

Da die Bohrkernuntersuchungen für die Bindemittel-, Mörtel-, Splittmenge und Splittverteilung gute Resultate geliefert haben und die Augenscheine keine wesentlichen Unterschiede und Veränderungen zeigten, wurde auf eine spezielle Beurteilung (Beurteilungsskala) verzichtet. Die Beurteilung dieser Punkte ist als normal und gut zu bezeichnen.

* = optimale(r) Eigenschaft/Zustand

Beurteilung: Spurenbildung (Fahrstreifen FS)

Angaben in % der Radspurlängen (z.B. 100% Spurenbildung, Bewertung 1: linke und rechte Radspur, leichte Spurenbildung im Fahrstreifen)

	Juni 78	Mai 79	Mai 80
BEOBACHTUNGSSTRECKE 1			
Spurenbildung 0	35	15	-
1	65	85	100
BEOBACHTUNGSSTRECKE 2			
Spurenbildung 0	-	-	-
1	45	35	25
2	55	65	75
3	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 3A/3B			
Spurenbildung 0	- -	- -	- -
1	- 25	- 25	- 20
2	45 10	35 10	25 15
3	20 -	30 -	40 -
BEOBACHTUNGSSTRECKE 4A/4B			
Spurenbildung 0	- -	- -	- -
1	15 -	10 -	- -
2	20 45	25 40	35 25
3	- 20	- 25	- 40
BEOBACHTUNGSSTRECKE 5A/5B			
Spurenbildung 0	- -	- -	- -
1	50 -	45 -	40 -
2	- 50	5 40	10 30
3	- -	- 10	- 20

Beurteilung: Kornausbruch (Fahrstreifen FS)

Angaben in % der Fläche

	Juni 78	Mai 79	Mai 80
BEOBACHTUNGSSTRECKE 1			
Kornausbruch 1	100	80	40
2	-	20	60
BEOBACHTUNGSSTRECKE 2			
Kornausbruch 1	100	100	100
2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 3			
Kornausbruch 1	100	100	100
2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 4			
Kornausbruch 1	100	100	100
2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 5			
Kornausbruch 1	100	100	90
2	-	-	10

Beurteilung: Kornzertrümmerung (Fahrstreifen FS)

Angaben in % der Fläche

		Juni 78	Mai 79	Mai 80
BEOBACHTUNGSSTRECKE 1				
Kornzertrümmerung	0	-	-	-
	1	100	100	100
	2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 2				
Kornzertrümmerung	0	-	-	-
	1	100	100	100
	2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 3				
Kornzertrümmerung	0	-	-	-
	1	100	100	100
	2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 4				
Kornzertrümmerung	0	-	-	-
	1	100	100	100
	2	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 5				
Kornzertrümmerung	0	-	-	-
	1	15	15	15
	2	85	85	85

Beurteilung: Oberflächenbeschaffenheit (Fahrstreifen FS)

Angaben in % der Fläche

	Juni 78	Mai 79	Mai 80
BEOBACHTUNGSSTRECKE 1			
Oberflächenbeschaffenheit 3	-	-	-
4	100	100	100
5	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 2			
Oberflächenbeschaffenheit 3	-	-	-
4	100	80	55
5	-	20	45
BEOBACHTUNGSSTRECKE 3			
Oberflächenbeschaffenheit 3	-	-	-
4	100	80	60
5	-	20	40
BEOBACHTUNGSSTRECKE 4			
Oberflächenbeschaffenheit 3	-	-	-
4	100	70	45
5	-	30	55
BEOBACHTUNGSSTRECKE 5			
Oberflächenbeschaffenheit 3	-	-	-
4	100	100	100
5	-	-	-

Beurteilung: Allgemeinzustand (Fahrstreifen FS)

Angaben in % der Strecke

		Juni 78	Mai 79	Mai 80
BEOBACHTUNGSSTRECKE 1				
Allgemeinzustand	1	-	-	-
	2	50	35	25
	3	50	30	10
	4	-	35	65
	5	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 2				
Allgemeinzustand	1	-	-	-
	2	55	30	25
	3	45	55	50
	4	-	15	25
	5	-	-	-
BEOBACHTUNGSSTRECKE 3				
Allgemeinzustand	1	-	-	-
	2	40	35	30
	3	50	40	30
	4	10	20	30
	5	-	5	10
BEOBACHTUNGSSTRECKE 4				
Allgemeinzustand	1	-	-	-
	2	40	20	5
	3	40	30	20
	4	20	30	40
	5	-	20	35
BEOBACHTUNGSSTRECKE 5				
Allgemeinzustand	1	10	5	-
	2	30	25	30
	3	40	30	20
	4	20	30	30
	5	-	10	20

2. Besonderes Vorkommnis (Risse)

Als besonderes Vorkommnis, das mit den Beurteilungsskalen nicht erfasst werden konnte, wurde auf der Beobachtungsstrecke 1 eine starke Rissbildung beobachtet.

Beim Augenschein im Frühling 1978 konnte eine deutlich stärkere Rissbildung als bei der letzten Beurteilung im Herbst 1976 festgestellt werden. So wurde eine grössere Anzahl und häufig auch breitere Risse beobachtet. Eine "Heilung" von Rissen durch Einwirkungen des Verkehrs im Sommer konnte nicht festgestellt werden. Zusätzlich weist praktisch der gesamte nicht oder wenig befahrene rechte Fahrsbahnrand auf einer Breite von etwa 40 cm Risse auf (vgl. Abb. 18).

Anlässlich der beiden anschliessenden Augenscheine im Frühling 1979 und 1980 musste eine weitere Zunahme der Rissbildung festgestellt werden. Grössere zusammenhängende Abschnitte weisen Netzzrisse auf. Verschiedentlich sind auch breite Risse festzustellen (vgl. z.B. Abb. 21). Ausbrüche von Belagsstücken sind jedoch nicht aufgetreten.

BEOBACHTUNGSTRECKE 1: Risse 1979/1980



Abb. 16: Typischer Längsriss



Abb. 17: Gerissene Arbeits-
naht zwischen Fahr-
und Ueberholstreifen



Abb. 18: Gerissener Randbereich
des Fahrstreifens

BEOBACHTUNGSSTRECKE 1: Risse 1979/1980

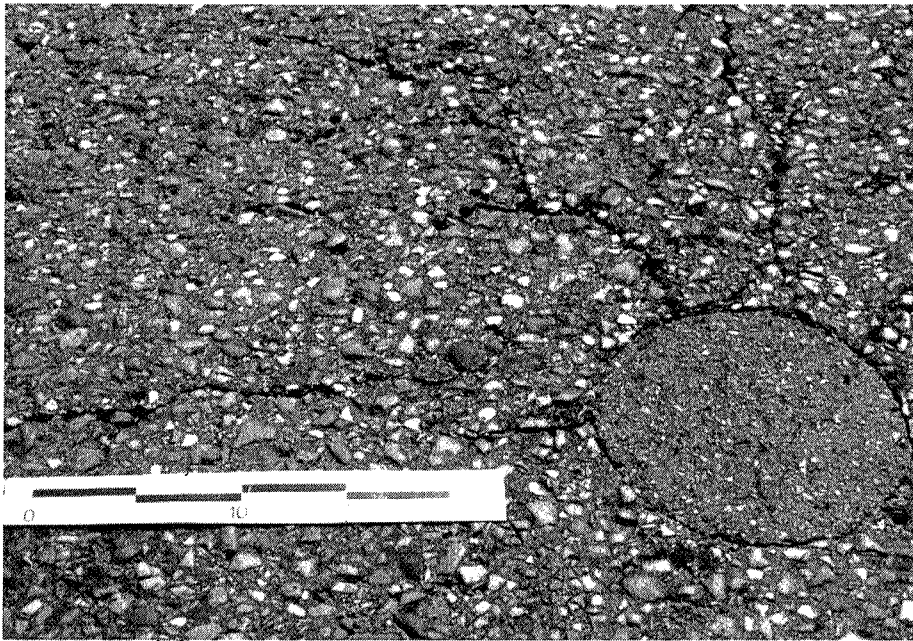


Abb. 19: Risse ausgehend vom Bohrkern
(Entnahme 1972)



Abb. 20: Längsriss mit Ver-
ästelungen

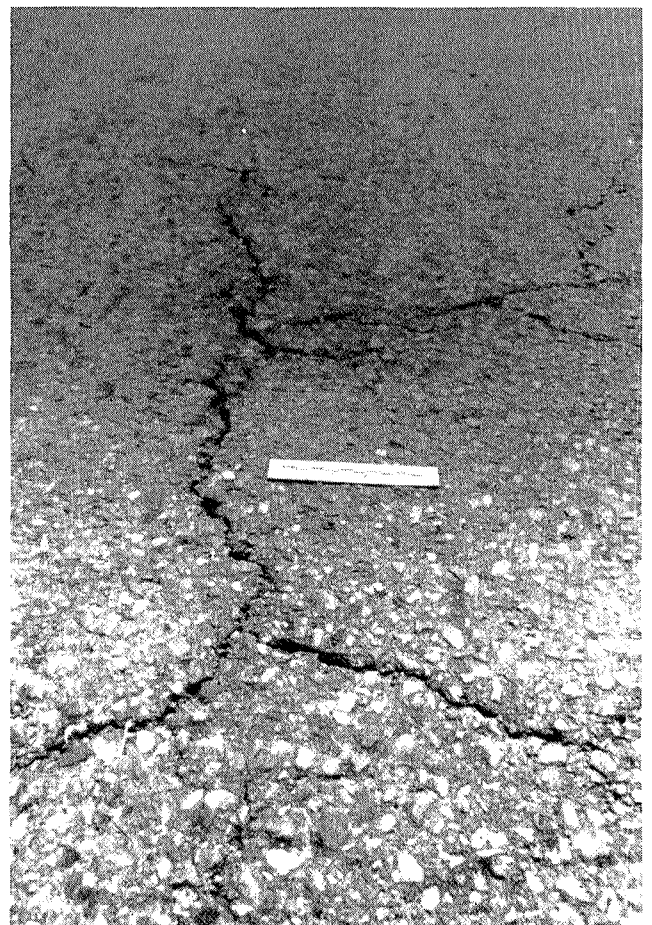
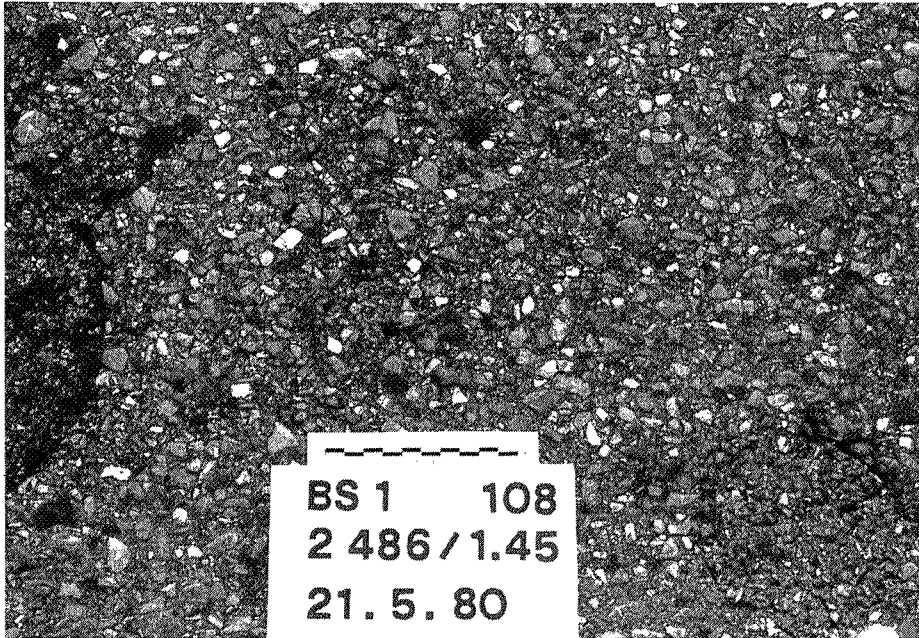


Abb. 21: Netzriss

3. Aussehen: Radspuren im Fahrstreifen 1980

(vgl. mit Fotos vom Herbst 1973 im 2. Zwischenbericht FA 3/73
mit Fotos von 1976 im Schlussbericht FA 3/73)



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 1

Bohrkern 108
(rechte Radspur,
Fahrstreifen)

Abb.: 22

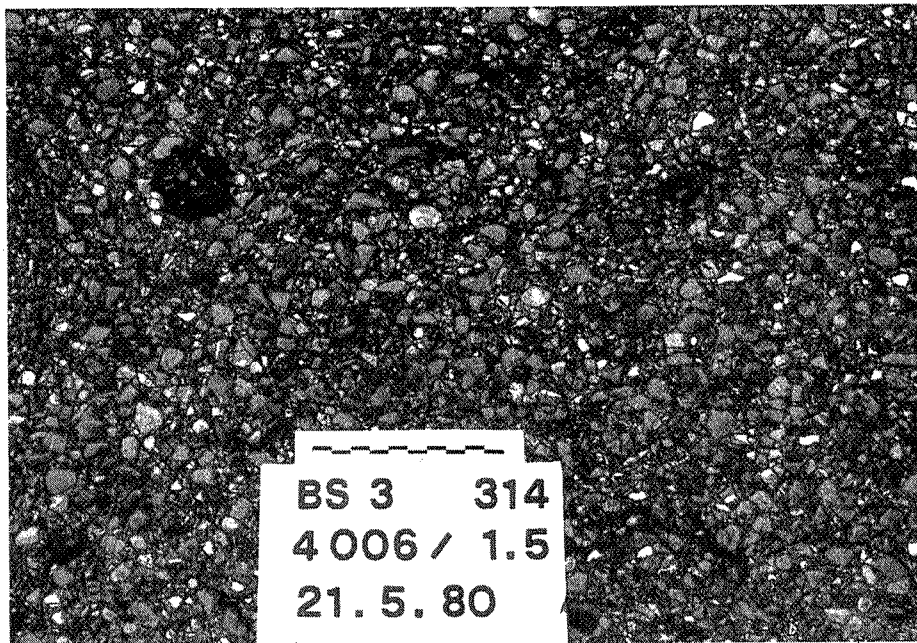


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 2

Bohrkern 204
(linke Radspur,
Fahrstreifen)

Abb.: 23

Aussehen: Radspuren im Fahrstreifen 1980



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 3

Bohrkern 314
(rechte Radspur,
Fahrstreifen)

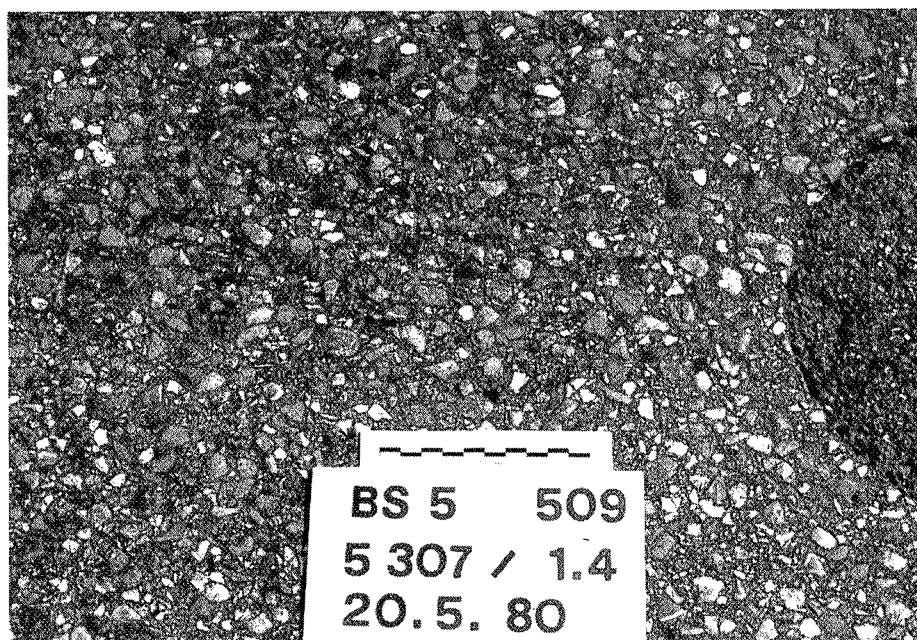
Abb.: 24



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 4

Bohrkern 404
(linke Radspur,
Fahrstreifen)

Abb.: 25

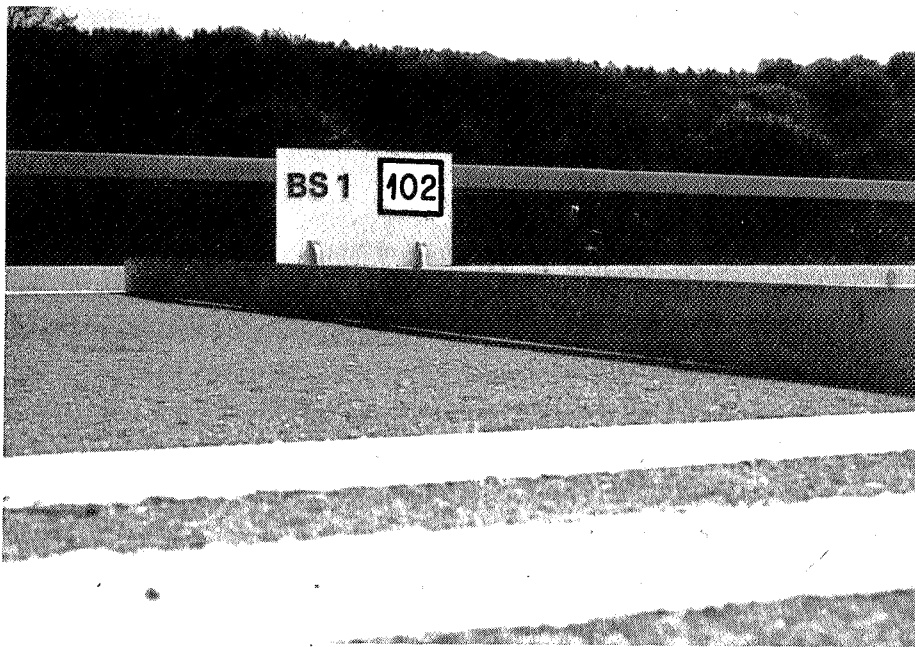


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 5

Bohrkern 509
(rechte Radspur,
Fahrstreifen)

Abb.: 26

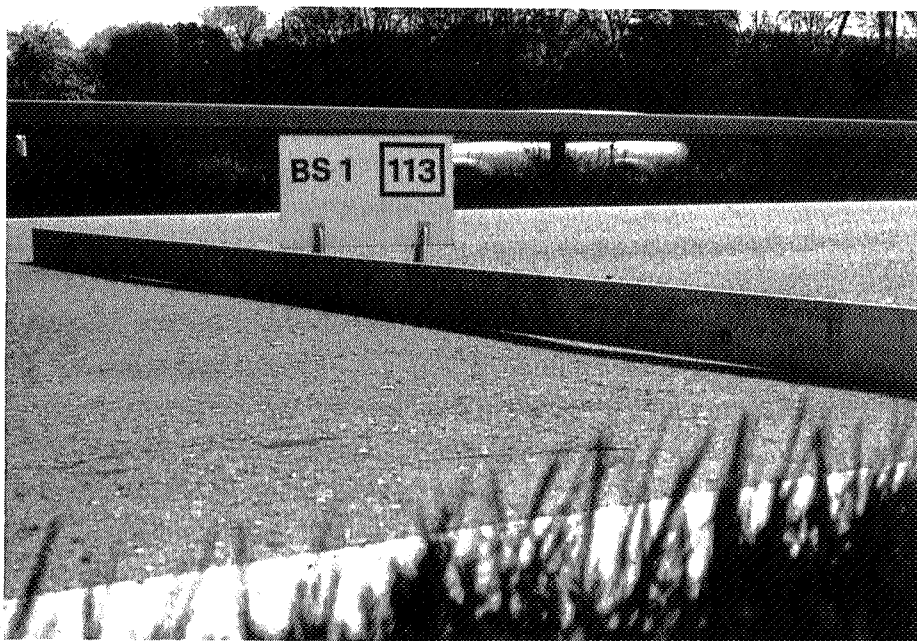
Aussehen: Spurrinnen im Fahrstreifen (Mai 1979)



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 1

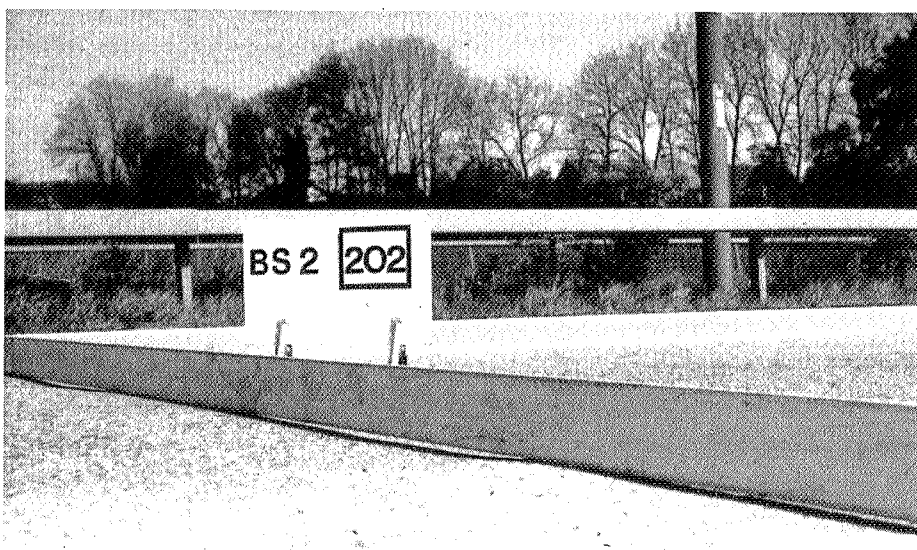
Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 102-104 u.
Ausschnitte 1.1
(ab 4-m-Latte)

Abb.: 27



Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 113-115 u.
Ausschnitte 1.3

Abb.: 28

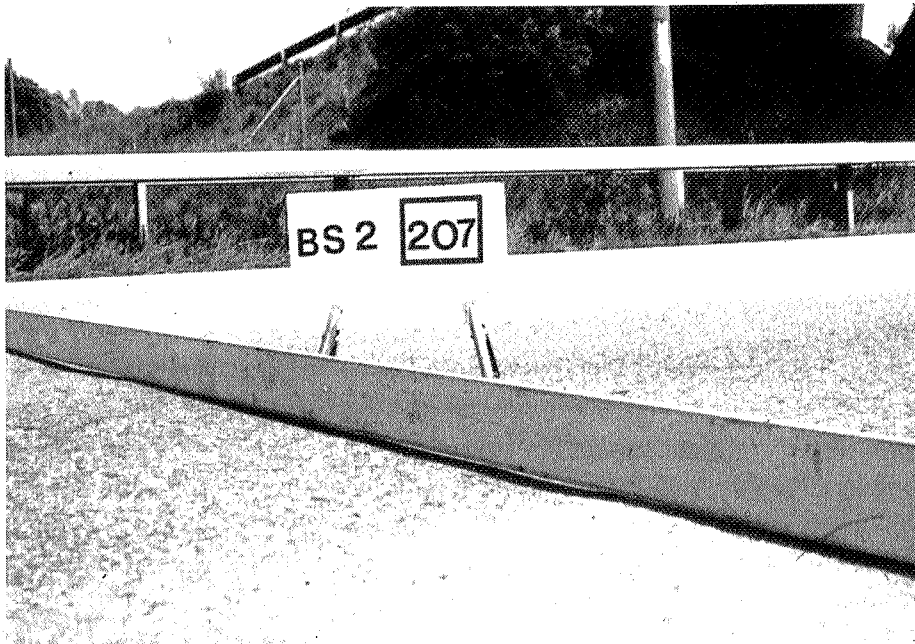


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 2

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 201-204 u.
Ausschnitte 2.1

Abb.: 29

Aussehen: Spurrinnen im Fahrstreifen (Mai 1979)

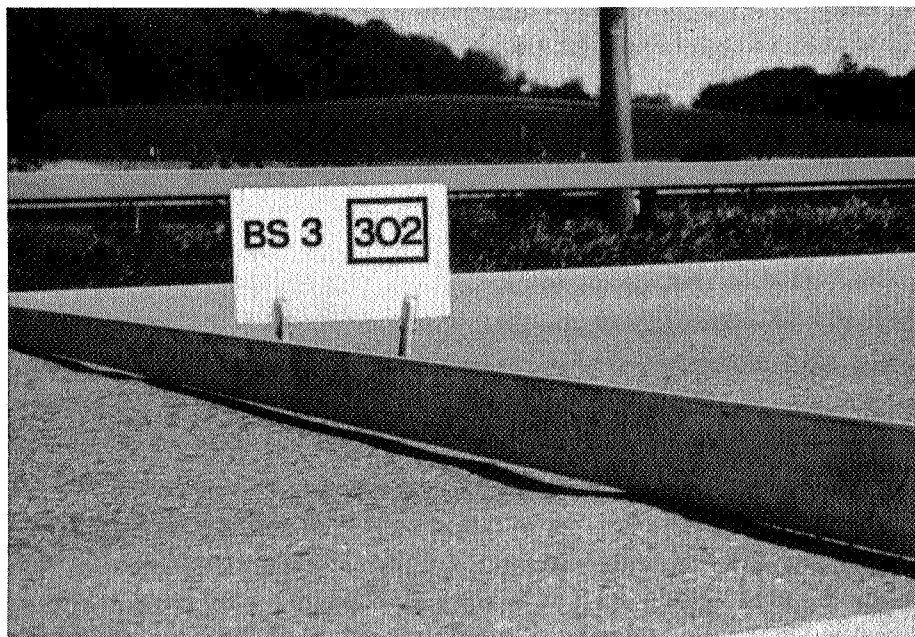


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 2

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 207-209 u.
Ausschnitte 2.2

(ab 4-m-Latte)

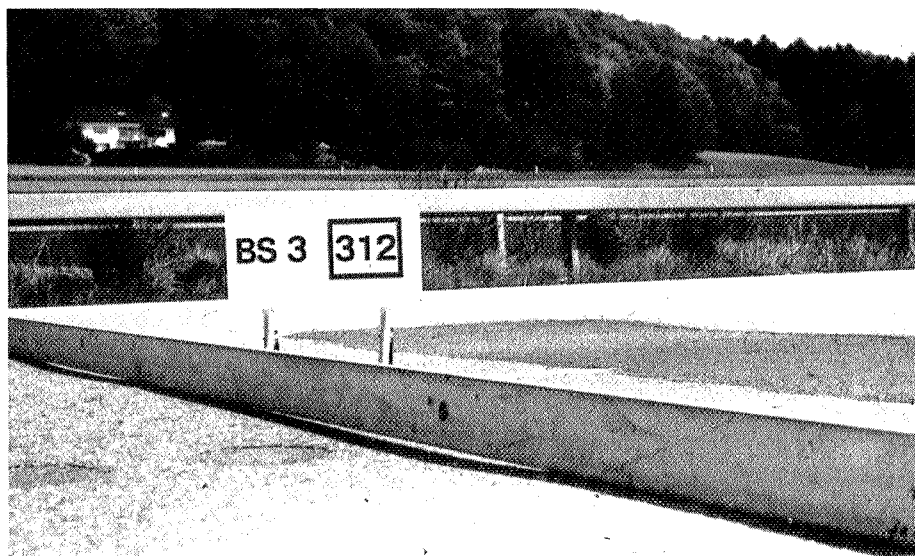
Abb.: 30



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 3 A

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 302-304

Abb.: 31

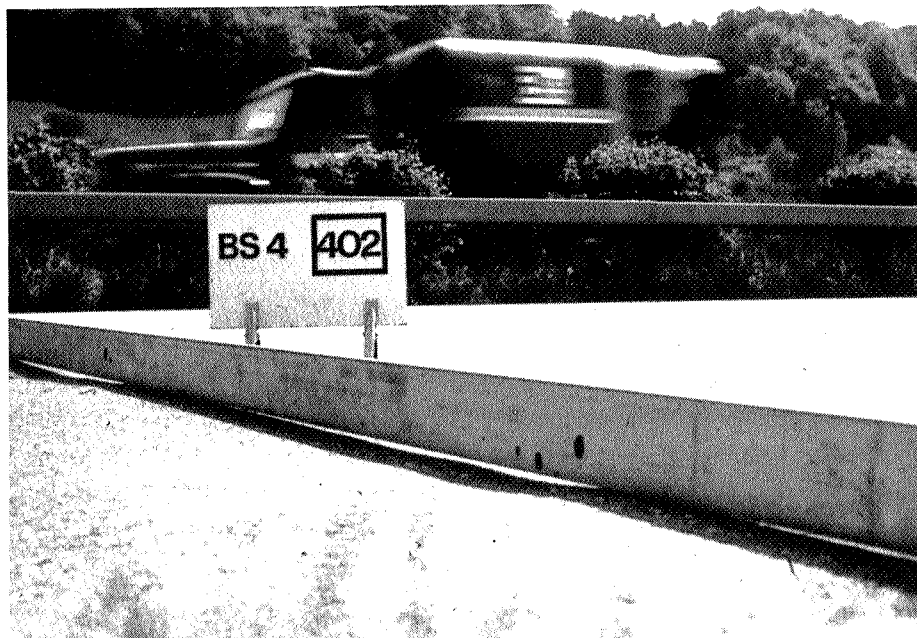


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 3 B

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 312-314 u.
Ausschnitte 3.3

Abb.: 32

Aussehen: Spurrinnen im Fahrstreifen (Mai 1979)



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 4 A

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 402-404 u.
Ausschnitte 4.1

(ab 4-m-Latte)

Abb.: 33

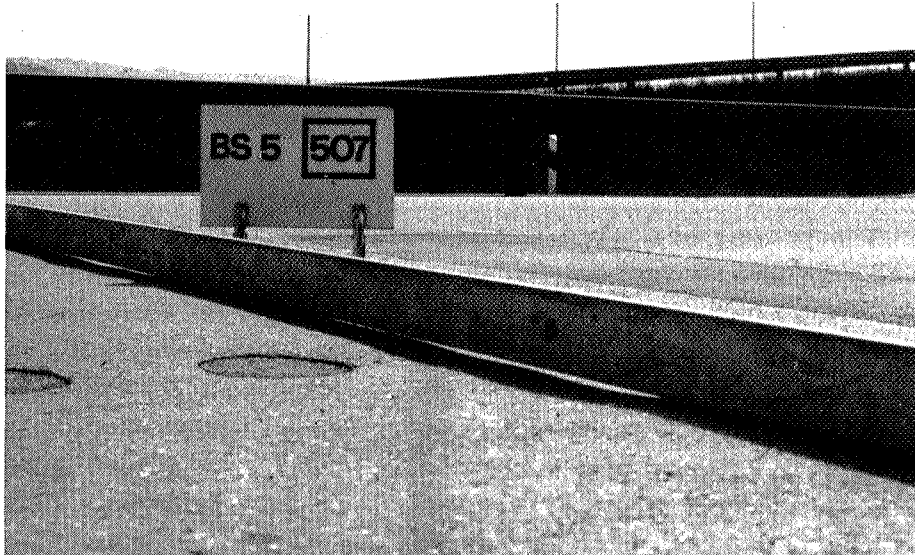


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 4 B

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 412-414 u.
Ausschnitte 4.3

Abb.: 34

Aussehen: Spurrinnen im Fahrstreifen (Mai 1979)

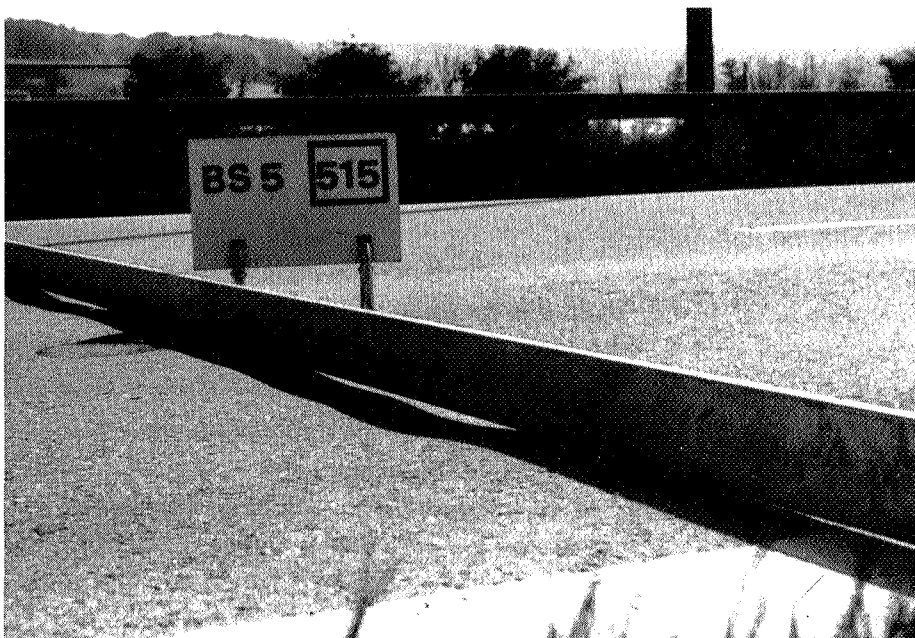


BEOBACHTUNGS-
STRECKE 5 A

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 507-509 u.
Ausschnitte 5.2

(ab 4-m-Latte)

Abb.: 35



BEOBACHTUNGS-
STRECKE 5 B

Spurrinnen im
Profil der Bohr-
kerne 515-517 u.
Ausschnitte 5.4

Abb.: 36

G. BEURTEILUNG

Die fünf Beobachtungsstrecken stehen seit Herbst 1972 unter Verkehr. Die Beurteilung des Verhaltens dieser Strecken umfasst hier im speziellen den Zeitraum von 1978 bis 1980.

1. Ebenheit im Querprofil

Die mit dem Planum gemessenen Spurrinnen geben die Gesamtdeformation der Strasse im Querprofil an, bestehend aus plastischen Verformungen (Nachverdichtung, Verdrückung usw.) und Abrieb. Die einzelnen Anteile konnten jedoch nicht ermittelt werden, da die Abriebmessungen mit der Bolzenmethode durch die starken plastischen Deformationen nicht mehr durchgeführt werden konnten.

Die visuelle Beurteilung der Spurrinnenbildung und Nachkontrollen mit der 4-m-Latte haben gezeigt, dass die Planummessungen in den periodisch gemessenen Profilen ein repräsentatives Bild des Deformationsverhaltens der entsprechenden Beobachtungsstrecken bzw. Teilstrecken abgeben.

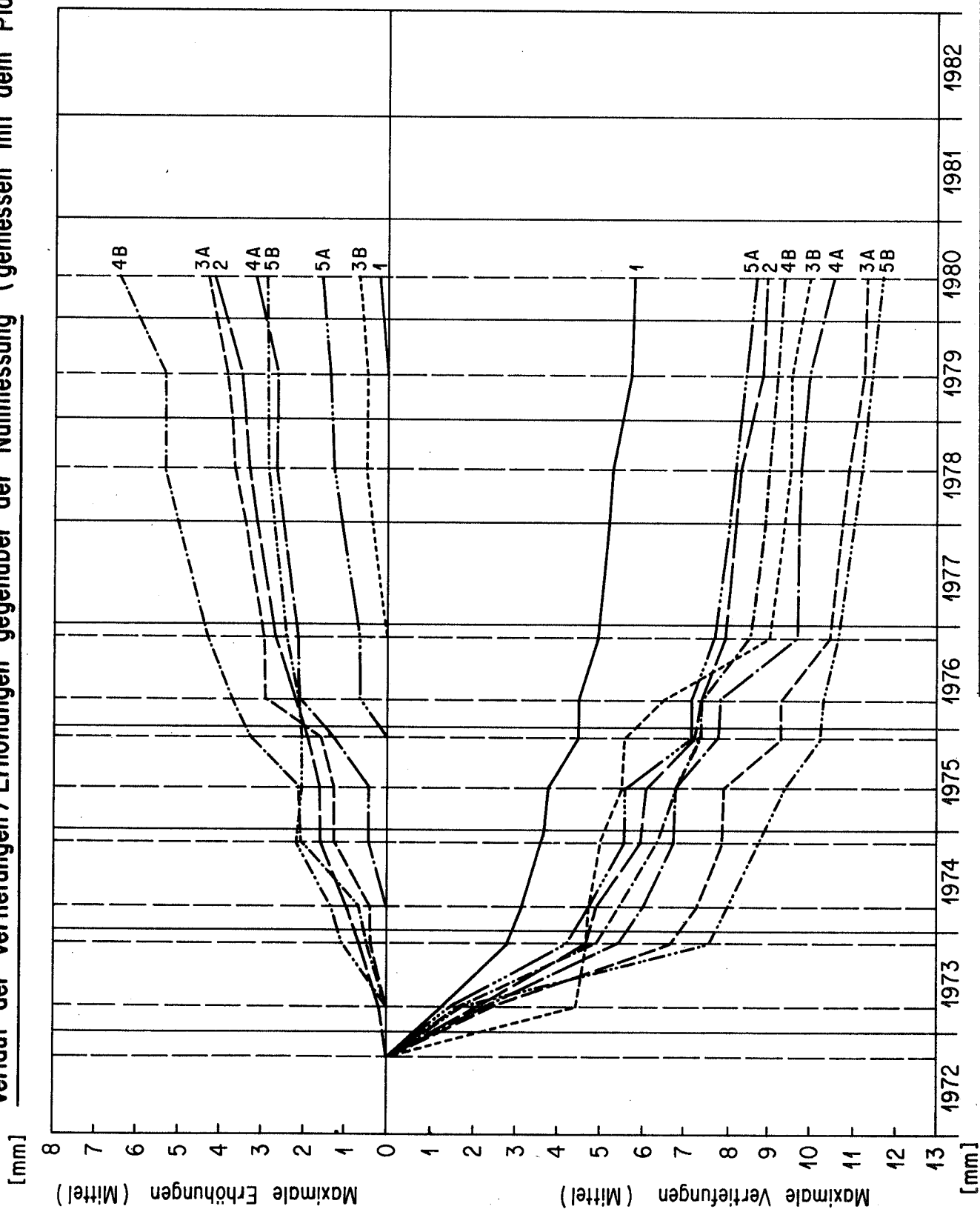
Aufgrund des unterschiedlichen Deformationsverhaltens von je zwei Teilen der Beobachtungsstrecken 3, 4 und 5 wurden die Planummessungen für diese Abschnitte separat ausgewertet und mit Teilstrecken A und B bezeichnet. Für dieses unterschiedliche Verhalten in den Beobachtungsstrecken 3 und 4 sind noch keine Gründe bekannt; Hinweise werden jedoch von den Ausschnittuntersuchungen im Rahmen des Forschungsauftrages 30/77 erwartet. Bei der Beobachtungsstrecke 5 deckt sich der Teil mit den stärkeren Spurrinnen mit dem Abschnitt 5 B, in dem für die Ausgleichsschicht ein AB 16 (der gleiche Belag wie in der Verschleisssschicht und nicht ein AB 16 u wie in den übrigen Strecken) eingebaut wurde.

Die Spurrinnenbildung im Fahrstreifen hat auch in der Beobachtungszeit von 1978 bis 1980 in allen Beobachtungsstrecken weiter zugenommen. Wie die Zusammenstellung der Mittelwerte der maximalen Vertiefungen und Erhöhungen zeigt, beträgt die Zunahme der mittleren maximalen Vertiefungen für die einzelnen Strecken 0.3 bis 0.8 mm und die Zunahme der mittleren maximalen Erhöhungen 0.1 bis 0.9 mm in zwei Jahren. Wie die graphische Darstellung dieser Werte über die ganze Benützungsdauer zeigt (vgl. folgende Seite), verlangsamte sich jedoch die Zunahme der Spurrinnenbildung deutlich.

Planum: mittlere maximale Vertiefungen/Erhöhungen gegenüber der Nullmessung in mm

Beobachtungs- strecke	Vertiefungen			Erhöhungen		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980
1	5.3	5.7	5.8	-	-	0.1
2	8.3	8.8	8.9	3.4	3.6	4.3
3 A	10.9	11.3	11.3	3.8	3.9	4.1
3 B	9.5	9.5	10.0	0.5	0.5	0.7
4 A	9.7	10.0	10.5	2.7	2.8	3.2
4 B	9.0	9.1	9.3	5.4	5.4	6.5
5 A	8.1	8.4	8.8	1.9	1.4	1.6
5 B	11.1	11.4	11.6	3.0	3.0	3.0

Verlauf der Vertiefungen / Erhöhungen gegenüber der Nullmessung (gemessen mit dem Planum)



Beobachtungsstrecke

1

2

3A

3B

4A

4B

5A

5B

Stand der Spurrinnenbildung im Jahr 1980

Die deutlich geringste Spurrinnenbildung und praktisch keine seitlichen Aufwölbungen weist die mit geblasenem Bitumen 80/100 S ausgeführte Beobachtungsstrecke 1 auf.

Beträchtliche Spurrinnen, aber geringe seitliche Aufwölbungen haben sich in den Beobachtungsstrecken 5 A und 3 B ausgebildet.

Beträchtliche Spurrinnen und ebenfalls recht beträchtliche seitliche Aufwölbungen sind bei den Beobachtungsstrecken 2, 4 A und 5 B aufgetreten.

Die insgesamt grössten Deformationen weisen die Beobachtungsstrecken 3 A und 4 B auf, wobei in der Teilstrecke 4 B die grössten seitlichen Aufwölbungen gemessen wurden.

Vergleich mit der Norm 640 521 a, Ebenheit

In der Norm 640 521 a ist als einzige Anforderung an die Ebenheit im Querprofil ein Grenzwert für die Muldentiefe gegenüber dem Horizont t (theoretische Wassertiefe) gegeben. Dieser Grenzwert von 4 mm für Strassen mit Ausbaugeschwindigkeiten $V_A > 80$ km/h wird, wie die Tabellen der Seiten 18-23 und die folgende Zusammenstellung zeigen, bei der Mehrzahl der Beobachtungsstrecken überschritten.

t-Werte: Mittlere theoretische Wassertiefe t in mm der linken und rechten Radspuren (1978-1980) des Fahrstreifens

Beobachtungs- strecke	Mittlere theoretische Wassertiefe t					
	1978		1979		1980	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
1	0	0	0	0	0	0
2	1.8	5.5	2.5	5.8	2.8	6.5
3 A	4.3	10.8	4.8	10.8	5.5	11.3
3 B	0	0	0	0	0	0
4 A	0	5.5	1.0	6.0	3.0	6.5
4 B	4.5	9.8	4.5	10.0	4.8	10.8
5 A	0	3.5	0	4.5	0.5	5.0
5 B	7.8	10.8	9.0	11.0	9.8	11.0

Unterhalb dem Grenzwert t von 4 mm liegen im Jahr 1980 lediglich die Werte der Beobachtungsstrecken 1 und 3 B mit je 0 mm. Bei beiden Beobachtungsstrecken ist dies auf die geringe, bzw. bei der Beobachtungsstrecke 1 auf die praktisch fehlende seitliche Aufwölbung zurückzuführen.

Alle übrigen Beobachtungsstrecken weisen im Jahr 1980 t-Werte auf, die den Grenzwert übersteigen. Für die Beobachtungsstrecken 5 A, 4 A und 2 liegen diese Mittelwerte mit 5.0 bis 6.5 mm deutlich über dem Grenzwert. Beträchtlich grösser als der Grenzwert sind die t-Werte der Beobachtungsstrecken 4 B, 5 B und 3 A mit 10.8 bis 11.3 mm.

2. Ebenheit im Längsprofil

Anforderungen an die Ebenheit im Längsprofil, gemessen mit dem Winkelmessgerät des ISETH, sind in der Norm 640 521 a formuliert. Als Grenzwert, der nicht überschritten werden darf, ist für Strassen mit Ausbaugeschwindigkeiten > 80 km/h der s_W -Wert mit 5.5 ‰ gegeben.

Die Ebenheit im Längsprofil ist für alle Beobachtungsstrecken im Fahr- und Ueberholstreifen gut. Praktisch alle s_W -Werte liegen auch noch nach acht Betriebsjahren unter dem Abnahmewert von 1.8‰.

Ueberholstreifen

Die Ebenheit auf dem Ueberholstreifen blieb über die gesamte Beobachtungsdauer praktisch unverändert. Die s_W -Werte der einzelnen Strecken weisen geringe Differenzen auf, wobei auf der Strecke 1 mit etwa 1.55 bis 2.0‰ die grössten Werte gemessen wurden.

Fahrstreifen

Die s_W -Werte der einzelnen Strecken differenzieren wenig. Im Mittel zeichnet sich eine geringe Zunahme in den Jahren 1979 bis 1980 ab.

Die Unterschiede der Ebenheiten der einzelnen Strecken sind in Anbetracht der Messgenauigkeit der W-Werte gering. Die Standardabweichung von s_W -Werten kann mit etwa 5% des absoluten s_W -Wertes angegeben werden. Da beim Messen der Ebenheit nicht immer ganz genau in derselben Spur gefahren werden kann, sind speziell im Fahrstreifen, wo starke Deformationen im Querprofil auftraten, grössere Streuungen möglich.

3. Griffigkeit

Anforderungen an die Griffigkeiten, gemessen mit dem SRT-Pendel und mit dem Skiddometer, sind in der Norm 640 511 a formuliert.

Fahrstreifen

Die Griffigkeitswerte der fünf Beobachtungsstrecken, gemessen mit dem SRT-Pendel, unterscheiden sich nicht wesentlich. Der Verlauf der SRT-Werte ist über die letzten Jahre der Beobachtung abnehmend. Der Grenzwert von 65, der bei den vorliegenden normalen Verhältnissen ein Messen mit dem Skiddometer erforderlich macht, wird verschiedentlich unterschritten.

Auch die Ergebnisse der Messungen mit dem Skiddometer (normiert bei 80 km/h und blockiertem Rad) unterscheiden sich für die verschiedenen Beobachtungsstrecken nicht wesentlich, wobei die einzelnen Werte über die Beobachtungszeit recht stark streuen. Die μ -Werte betragen für die Jahre 1978 bis 1980 0.37 bis 0.49. Der Grenzwert μ_A von 0.36 für zulässige Höchstgeschwindigkeiten V_Z von mehr als 100 km/h wurde somit nicht unterschritten.

Ueberholstreifen

Auf den Ueberholstreifen wurden Griffigkeiten nur mit dem Skiddometer gemessen. Auch in der Messperiode 1978 bis 1980 wurde eine weitere Zunahme der Griffigkeiten auf den Ueberholstreifen festgestellt. Mit μ -Werten zwischen 0.53 und 0.63 sind die Griffigkeiten deutlich grösser als auf dem Fahrstreifen, wobei auch hier keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Beobachtungsstrecken festgestellt wurden.

Die Beläge der fünf Beobachtungsstrecken unterscheiden sich 1980 hinsichtlich ihrer Griffigkeiten nicht wesentlich. Bei der letzten Griffigkeitsmessung im Frühling 1980 wiesen alle Strecken genügende Griffigkeiten auf. Die Griffigkeitswerte auf dem Ueberholstreifen sind deutlich grösser als auf dem Fahrstreifen.

Der Verlauf der Griffigkeiten über die gesamte Benützungsdauer ist entsprechend dem tendenziellen Verlauf zu beurteilen. Wie die Ergebnisse der SRT-Werte über das Querprofil zeigen (vgl. Seite 35), kann sich z.B. eine geringe seitliche Verschiebung der Messstelle bei den jährlich durchgeführten Griffigkeitsmessungen sehr stark auswirken.

4. Kornausbruch, Kornzertrümmerung

In bezug auf Kornausbrüche und Kornzertrümmerungen traten auf den verschiedenen Beobachtungsstrecken in den Jahren 1978 bis 1980 kleine Unterschiede auf.

Im allgemeinen waren bis 1978 auf allen Strecken und bis 1980 auf den Strecken 2, 3 und 4 nur vereinzelte Kornausbrüche festzustellen. Bei den letzten beiden Messungen wurde dann auf der Beobachtungsstrecke 1 eine deutliche Zunahme und bei der letzten Messung auf der Beobachtungsstrecke 5 eine geringe Zunahme von Ausbrüchen festgestellt. 1980 weist somit die Strecke 5 zu einem geringen Teil und die Strecke 1 zu einem deutlichen Teil einen gemäss Bewertungstabelle "leichten Kornausbruch" auf.

Mit Ausnahme der Beobachtungsstrecke 5 wiesen alle Strecken über die gesamte Beobachtungsdauer vor allem in den Radspuren unverändert leichte Kornzertrümmerungen auf. Lediglich auf der Strecke 5 wurden ab 1978 vermehrt mittelstarke Kornzertrümmerungen festgestellt.

5. Oberflächenbeschaffenheit

Der Fahrstreifen der Beobachtungsstrecken 1 und 5 weist, ungeachtet der Verschleiss- und Deformationserscheinungen, eine normal geschlossene Oberfläche ohne glatte Stellen auf. Bei den Strecken 2, 3 und 4 ist die Oberfläche des Fahrstreifens im Mittel je zur Hälfte normal geschlossen und leicht glatt.

In der Oberfläche der Beobachtungsstrecke 1 trat als besonderes Vorkommnis eine starke Rissbildung auf. Seit die ersten Risse im 3. Winterhalbjahr (Ende November 1974) festgestellt wurden, ist die Rissbildung stark zunehmend. Beim letzten Augenschein im Jahr 1980 wies die Strecke verschiedentlich grössere zusammenhängende Abschnitte mit Netzzissen auf. Häufig sind auch breite Risse mit Kornausbrüchen bei den Rissen festzustellen. Ausbrüche von Belagsstücken traten jedoch bisher nicht auf.

6. Allgemeinzustand

Die verschiedenen Beobachtungen und Messungen der letzten drei Jahre, die sich mit Ausnahme der Ebenheit im Längsprofil und der Griffigkeit - gemessen mit dem Skiddometer - nur auf den Fahrstreifen beziehen, wurden in den vorangehenden Abschnitten ausführlich beurteilt. Im folgenden soll der Zustand im Frühling 1980 und das Verhalten über die gesamte Benützungsdauer (ab 1972) kurz aufgeführt werden.

In folgenden Eigenschaften traten bei den fünf Beobachtungsstrecken keine Unterschiede auf:

- Ebenheit im Längsprofil:

Die Ebenheit im Längsprofil ist für alle Strecken im Fahr- und Ueberholstreifen gut. Innerhalb der gesamten Beobachtungsdauer hat sie sich im Ueberholstreifen praktisch nicht verändert. Im Fahrstreifen ergab sich eine geringe Zunahme der (aus den Winkelmessungen ausgewerteten) s_w -Werte in den Jahren 1979 und 1980.

- Griffigkeit:

Alle Strecken weisen im Frühling 1980 genügende Griffigkeiten auf. Die Griffigkeitswerte auf dem Ueberholstreifen sind deutlich grösser als auf dem Fahrstreifen. Der Verlauf der in den letzten drei Jahren gemessenen Griffigkeitswerte ist auf dem Ueberholstreifen zunehmend und auf dem Fahrstreifen eher konstant, wobei diese Werte stark streuen.

In folgenden Eigenschaften des Fahrstreifens traten bei den fünf Beobachtungsstrecken Unterschiede auf:

- Ebenheit im Querprofil:

Im Fahrstreifen aller Beobachtungsstrecken hat die Spurrinnenbildung weiter zugenommen. Die Zunahme der Spurrinentiefen verlangsamte sich jedoch in den letzten drei Jahren gegenüber den früheren Jahren deutlich.

Im Frühling 1980 weist die mit geblasenem Bitumen 80/100 S ausgeführte Beobachtungsstrecke 1 die deutlich geringste Spurrinnenbildung und praktisch keine seitlichen Aufwölbungen auf. Beträchtliche Spurrinnen, aber geringe seitliche Aufwölbungen haben sich in den Strecken 5 A und 3 B ausgebildet. Beträchtliche Spurrinnen und ebenfalls recht beträchtliche seitliche Aufwölbungen sind bei den Strecken 2, 4 A und 5 B aufgetreten. Die insgesamt grössten Deformationen weisen die Beobachtungsstrecken 3 A und 4 B auf, wobei in der Teilstrecke 4 B die grössten seitlichen Aufwölbungen gemessen wurden.

Der gemäss Norm 640 521 a im Maximum zulässige Wert der theoretischen Wassertiefe von 4 mm wird lediglich von den an den Beobachtungsstrecken 1 und 3 B bestimmten Werten mit je 0 mm nicht überschritten. Für die Strecken 5 A, 4 A und 2 liegen diese t-Werte mit 5.0 bis 6.5 mm im Jahr 1980 deutlich über dem Grenzwert. Beträchtlich grösser als der Grenzwert sind mit 10.8 bis 11.3 mm die t-Werte der Beobachtungsstrecken 4 B und 5 B.

- Kornausbruch, Kornzertrümmerung:

1980 weist die Beobachtungsstrecke 5 zu einem geringen Teil und die Beobachtungsstrecke 1 zu einem deutlichen Teil einen leichten Kornausbruch auf. Für die übrigen Strecken, sowie für die Strecke 1 bis 1978 und für die Strecke 5 bis 1979 dagegen wurden unverändert nur vereinzelte Kornausbrüche festgestellt.

Mit Ausnahme der Beobachtungsstrecke 5 weisen alle Strecken über die gesamte Benützungsdauer unverändert leichte Kornzertrümmerungen auf. Lediglich auf der Strecke 5 wurden ab 1978 vermehrt mittelstarke Kornzertrümmerungen festgestellt.

- Oberflächenbeschaffenheit:

Die Oberflächenbeschaffenheit des Fahrstreifens aller Strecken ist - ungeachtet der Deformationen und der Rissbildung in der Strecke 1 - als gut zu beurteilen. Die Oberfläche der Strecken 1 und 5 ist normal geschlossen ohne glatte Stellen, diejenige der Strecken 2, 3 und 4 im Mittel je zur Hälfte normal geschlossen und leicht glatt. Insgesamt hat die Oberfläche im Verlauf der Benützungsdauer ein glatteres Aussehen erhalten.

- Rissbildung:

Die Rissbildung auf der mit geblasenem Bitumen 80/100 S ausgeführten Beobachtungsstrecke 1 ist, seit die ersten Risse im 3. Winterhalbjahr (Ende November 1974) festgestellt wurden, stark zunehmend. 1980 weist die Strecke verschiedentlich grössere zusammenhängende Abschnitte mit Netzsrisen auf. Häufig sind auch breite Risse mit Kornausbrüchen bei den Rissen festzustellen. Ausbrüche von Belagsstücken traten jedoch bisher nicht auf.

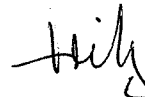
Dübendorf, 9. November 1981

Der Sachbearbeiter:



M. Seeberger

Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt
Abteilung Strassenbau- und Isolierstoffe
Der Abteilungsvorsteher:



H. Fritz