

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 3 (1923)

Heft: 3-4

Artikel: Praktische Untersuchungen einheimischer Schottermaterialien

Autor: Ammann, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-5325>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Praktische Untersuchungen einheimischer Schottermaterialien.

Von *E. Ammann*, Zürich.

Im Sommer 1915 hatte die geotechnische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft den von weiten Kreisen erwarteten Band über „Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz“ herausgegeben. Die große, äußerst wertvolle Arbeit fand sofort das berechtigte Interesse Aller, die sich namentlich im Hoch- und Tiefbau mit den Eigenschaften unseres einheimischen Bausteinmaterials eingehender zu befassen haben. Sie fanden darin ein mit großer Sorgfalt zusammengetragenes Material, das als Ergebnis jahrelanger Forschungen und Untersuchungen ihnen allen Aufschluß zu geben vermochte über das Vorkommen geeigneter Steinbrüche, sowie über die petrographischen und technologischen Eigenschaften des daraus zu gewinnenden Gesteins.

In den letzten Jahren vor dem Erscheinen des „Steinbandes“ hatte sich eine weitere Gruppe von Interessenten an unseren einheimischen Gesteinen gebildet. Der rasch zunehmende Verkehr von Motorfahrzeugen und die damit verbundenen wachsenden Anforderungen an die Straßen stellten die mit dem Unterhalt der letzteren betrauten kantonalen und städtischen Verwaltungen vor neue Aufgaben. Die bisherige Art des Straßenunterhaltes, namentlich aber die zu geringe Beachtung, welche man der Qualität des zur Herstellung und Instandhaltung der Fahrbahndecke wassergebundener Schotterstraßen benötigten Materials geschenkt hatte, zeitigten ihre Nachteile. Die starke Abnützung der Schotterdecke innert kürzester Zeit, womit die für Straßenbenützer und Straßenanwohner gleich lästige vermehrte Staubbildung Hand in Hand ging, machte die Verwendung ungeeigneter Schottersorten immer mehr unwirtschaftlich. Die guten Erfahrungen, welche man in der Folge im benachbarten Auslande und in Grenzkantonen und -Städten unseres Landes mit ausländischem Hartschotter bester Herkunft gemacht hatte, brachten es mit sich, daß in immer wachsendem Maße die ausländischen Qualitätsschotter, wie Basalt von Immendingen und Hohenstoffeln, Amphibolit von

Haslach im Kinzigtal, Grauwacke von Ottrott-St. Nabor (Elsaß), Porphyry von Sulz (Elsaß) und Quarzporphyry aus dem Steinachtal bei Waldshut eingeführt wurden. Praktische und theoretische Versuche, wie sie in den Jahren 1910—1912 durch das Straßeninspektorat der Stadt Zürich durchgeführt und veranlaßt worden sind und worüber der damalige Straßeninspektor, Herr Ingenieur A. Schläpfer, in Band 61 der Schweizerischen Bauzeitung (S. 211, 243 und 260) ausführlich berichtete, ergaben die erfreuliche Tatsache, daß gewisse Bestandteile unseres einheimischen Fluß- oder Grubenschotters an Druckfestigkeit und Widerstand gegen Abnützung den ausländischen Materialien nicht nur nicht nachstehen, sondern z. T. sogar bessere Untersuchungsergebnisse verzeichnen. Es betrifft dies hauptsächlich Kieselkalke vom Vierwaldstättersee und einen „Hartsandstein“ (Taveyannaz-Sandstein).

Diese Erfahrungen in der Stadt Zürich brachten es mit sich, daß auch anderwärts sich das Bedürfnis zeigte, die Bekämpfung der Staubplage und eine bessere Wirtschaftlichkeit im Straßenunterhalt zu erreichen durch vermehrte Anwendung einheimischer Einheitsgesteine zur Schotterbereitung und — wenn es anging — auch für Pflastersteine.

In diese Zeit des Neuaufblühens des Straßenwesens fiel nun das Erscheinen des „Steinbandes“. Mit großem Interesse machte sich auch der Straßenfachmann ans Studium des aufschlußreichen Werkes und er fand manche wertvolle Angabe über das Vorhandensein von Brüchen, aus denen Gesteine bezogen werden können, welche sich zur Schotterbereitung eignen. Die Angaben, deren der Straßentechniker im besonderen bedarf, sind aber nicht in dem für ihn wünschenswerten Zusammenhang verarbeitet, was sich leicht daraus erklären läßt, daß die Aufgabe der geotechnischen Kommission eine Berücksichtigung der speziellen Bedürfnisse des Straßenbaues nicht vorgesehen hatte. Weil aber inzwischen die Schotterfrage immer wichtiger geworden war, erschien es begreiflich, daß der Straßentechniker, namentlich der in kantonalen oder städtischen Verwaltungen tätige, vermehrten Aufschluß wünschte über die Eignung und über das Vorkommen einheimischer Gesteine zur Schotterbereitung. Es war auch gegeben, daß diese Ergänzung möglichst im Anschluß an die vorliegende

Arbeit der geotechnischen Kommission und unter deren Mitwirkung gewünscht wurde.

Um zu dieser Angelegenheit Stellung zu nehmen, berief der Vorstand der Vereinigung schweizerischer Straßenfachmänner auf den 15. Januar 1916 eine Konferenz ein, zu welcher sämtliche kantonalen und etwa 20 städtische Bauverwaltungen, sowie die Mitglieder der geotechnischen Kommission und der Direktor der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt geladen waren. Bei dieser Konferenz fand die große wirtschaftliche Bedeutung der Schotterfrage bedröten Ausdruck. Sie sollte durch eine Aussprache zwischen den Vertretern der Wissenschaft und denjenigen, welche ihre Ergebnisse in die Praxis umzusetzen haben, zeigen, ob und in welchem Rahmen sich eine Ergänzung der Angaben des Steinbandes als wünschbar erweise und durchführbar sei. Dieser Tagesordnung entsprechend, wurde folgende Resolution gefaßt:

1. Die heute versammelten Kantons- und Stadtingenieure anerkennen dankbar die große und verdienstvolle Arbeit, die die Schweizerische Geotechnische Kommission mit ihrem neuesten Werke: „Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz“ für die Praxis geleistet hat. Dieselben sprechen zu Händen der geotechnischen Kommission den Wunsch aus, es möchten, entsprechend der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung des Straßen-Baues, bezw. -Unterhaltes, die Untersuchungen der speziell für den Straßenbau in Betracht fallenden Gesteinsarten noch ergänzt werden nach den speziellen Gesichtspunkten und Bedürfnissen der Straßenbauer.
2. Es sei von Seite der Straßenbaufachmänner eine Kommission zu bestellen, die gemeinsam mit der geotechnischen Kommission die weiteren Arbeiten und Vorkehrungen festzustellen hat.
3. Es sei an die eidgenössischen und an die kantonalen und kommunalen Verwaltungen das Gesuch zu stellen, sie möchten diese Arbeit finanziell unterstützen.

Die Arbeiten der geotechnischen Kommission zerfielen neben dem Studium der geologischen Verhältnisse in eine petrographische Voruntersuchung und in eine technologische Untersuchung. 289 Gesteine wurden dieser vollständigen Bearbeitung unterworfen und der Steinband enthält die Ergebnisse in tabellarischer Übersicht. Die uns hier haupt-

sächlich interessierenden technologischen Untersuchungen erstreckten sich auf die Bestimmung des spezifischen und des Raumgewichtes, der absoluten und der scheinbaren Porosität, der Wasseraufnahme in ‰ des Steingewichtes, der Abnützung mit dem Sandstrahlgebläse, des Verhaltens in der Frostprobe, sowie der Druckfestigkeit in trockenem und in nassem Zustande.

Erst nach Abschluß der Arbeiten für die geotechnische Kommission, im Jahre 1912, wurde in der Materialprüfungsanstalt der Eidgenössischen Technischen Hochschule ein Apparat aufgestellt für die Durchführung von Devalproben. Im Winter 1912/1913 wurden im Auftrage des Straßeninspektorates der Stadt Zürich die ersten 15 Schotterarten dieser Probe unterworfen.

Herr Ingenieur Schläpfer beschreibt in seinem schon zitierten Aufsatz die Devalprobe wie folgt: „Der Deval'sche Apparat besteht aus zwei auf schräger Axe nebeneinander gelagerten Zylindern (von 20 cm innerem Durchmesser und 35 cm Länge), die mittelst eines Triebwerkes in Drehung versetzt werden. Die Prüfung des Materials geschieht nun in der Weise, daß von jeder einzelnen Steinsorte 5 kg in möglichst gleicher Anzahl von Stücken von 4—6 cm Durchmesser, welche vorher gewaschen und getrocknet wurden, in den Zylinder eingebracht werden; darauf wird der Apparat fünf Stunden lang in Drehung (mit 2000 Touren in der Stunde, total also 10,000 Touren) versetzt. Nach dieser Zeit wird das Steinmaterial herausgenommen, das Innere der Zylinder und die Steine sorgfältig gewaschen und das Abwasser aufbewahrt. Mittelst zwei Sieben von 10 und von 1,6 mm Lochdurchmesser wird dann das von den Steinen abgetrennte, pulverige, bzw. schlammige Material sortiert, das vom feineren Sieb zurückgehaltene Material gewogen und das Gewicht vorgemerkt. Das Material, welches das feinere Sieb passiert, wird ebenfalls getrocknet und abgewogen. Die Anzahl der Gramm dieses Materials durch 100 dividiert, ergibt den Abnutzungskoeffizienten. Der Koeffizient 1.00 z. B. entspricht einer Steinsorte, welche auf 5 kg durch die Probe 100 gr Staub verliert.“

Die Resultate der durchgeführten Untersuchungen deckten sich in mehreren Fällen nicht mit den Erfahrungen der Praxis. Es wurden daher, zum ersten Mal seit der Einführung dieser Proben, die Versuche wiederholt, wobei aber

auf 5 kg Schotter 0,15 Liter Wasser beigegeben wurden. Diese sog. Naßprobe ergab wesentlich größere Abnutzungskoeffizienten und eine Rangordnung, welche schon besser mit der Bewährung in der Praxis übereinstimmte.

Diese Devalprobe ist, wie gesagt, mit den Steinmaterialien, welche im „Steinband“ behandelt sind, nicht vorgenommen worden. Außerdem kommen aber für die Beurteilung der Eignung eines Gesteins zur Schotterbereitung noch andere Untersuchungen in Frage. Vor allem ist zu erwähnen die Ermittlung der Zähigkeit durch Schlagproben, die aber nach bisherigen Erfahrungen eine Reihenfolge ergibt, welche mit derjenigen der Devalproben übereinstimmt.

Endlich wäre zu untersuchen, ob die Devalprobe mit Schlagschotter, welcher zuvor dem Gefrierverfahren unterworfen wurde, nicht Ergebnisse zu zeitigen vermöchte, welche der praktischen Bewährung des Schotters noch besser gleichkommen. Das Material wäre wohl zunächst daraufhin zu untersuchen, ob es nicht zufolge der enormen Beanspruchung im Steinbrecher durch feine Haarrisse einer verstärkten Einwirkung des Frostes eher ausgesetzt ist.

*Solche und ähnliche Überlegungen mußten zur Erkenntnis führen, daß einer weiteren event. Bearbeitung mit Hilfe der geotechnischen Kommission die Veranstaltung von Versuchen voranzugehen hätte, welche zu gleicher Zeit und für dieselben Materialien die Ergebnisse der technologischen Untersuchung und praktischen Prüfung zu sammeln gestatten. Es muß erst festgestellt werden, welche Laboratoriumsuntersuchungen zur endgültigen Beurteilung eines geeigneten Schottermaterials auszuführen sind, damit das Untersuchungsverfahren möglichst vereinfacht werden kann. Alle Untersuchungen, welche mit dem Verhalten des Materials in der Praxis nicht übereinstimmen, müssen ausgeschaltet, dafür vielleicht andere Verfahren eingeführt werden.

Diesen Zweck verfolgten

die praktischen Schotterversuche,

welche in den Jahren 1917—1920 auf Veranlassung der Vereinigung schweizerischer Straßenfachmänner durchgeführt wurden.

Für den Einbau der Versuchsstrecken waren einheitliche und genaue Vorschriften aufgestellt worden, welche eine gleichmäßige Ausführung sichern sollten. Die Beobachtung sollte ebenfalls überall nach den gleichen Grundsätzen

Tabelle 1.

Laufende Nr.	Steinsorte	Spez. Gewicht	Raum- Gewicht	Porosität %		Wasser- aufnahme in % des Gewichts	Abnützbarkeit		Druckfestigkeit kg/cm ²		Abnützungskoeff. nach Deval	
				absolut	schein- bar		in gr	in cm	trocken	naß	Trocken- probe	Naß- probe
1	Grobspätiger, kristalliner Kalk- stein von grauer Farbe aus dem Schrattenkalk v. Weesen	2,71	2,65	2,21	0,29	0,11	22,4	0,209	1561	1472	1,14 1,47	3,20 3,68
2	Harter Sandstein (Flyschform), von Matt (Glarus)	2,69	2,64	1,86	0,76	0,29	6,1	0,062	1897	1797	0,95	2,92
3	Dichter, feinkörniger Kieselkalk von Beckenried	2,70	2,62	2,96	0,49	0,19	8,5	0,078	1786	1771	1,11 1,30 1,08	3,18 3,79 3,36
4	Dichter, etwas kieseliger Kalk- stein a. d. obersten Schratten- kalk von Betlis	2,71	2,67	1,48	0,18	0,07	*6,0	*0,08	*2424		*1,86	*3,42
5	Dichter, grauer Sandstein (ob.) Schrattenkalk v. Montlingen (Rheintal)	2,73 2,72	2,68 2,64	1,83 2,94	0,42 0,31	0,15 0,12	44,6 47,9	0,336 0,362	1363 1333	1484 1246	1,58	3,72
6	Schwarzgrauer Kieselkalk (Gebr. Blättler) Rotzloch	2,75	2,65	3,64	0,13	0,05	18,3	0,168	2336	2114	0,95 1,30 0,96	2,46 3,31 2,14

7	Feinkörniger Kieselkalk von Stansstad	2,74	2,63	4,01	0,25	0,10	21,8	0,165	2207	1988	1,21	2,72
8	Kieselkalk von Brunnen (Cernic)	2,72	2,66	2,21	0,29	0,11	24,4	0,222	1797	1779	1,18	2,90
							*7,63	*0,10	*2156		*1,15	*3,20
9	Kieselkalk v. Seewen (Schwyz)	2,69	2,66	1,12	0,18	0,07	14,9	0,152	2443	2675	2,09	3,06
					1,12	0,42	36,2	0,371	1505	1236	1,09	2,82
											0,95	2,32
10	Kieseliger Kalkstein v. Balmholz	2,68	2,65	1,12	0,27	0,10	21,3	0,160	2007	1931	1,20	2,78
											1,06	2,10
11	Quarzsandstein (Flysch) von Leissigen	2,68	2,60	2,98	0,40	0,15	8,0	0,081	1648	1164	1,29	4,25
											1,44	4,30
12	Kieselkalk von Hohenems (Vorarlberg)	2,72	2,68	1,47	0,44	0,17	15,4	0,104	1609	1570	1,47	4,35
											1,56	3,62
13	Basalt v. Hohenstoffeln-Immen- dingen (Baden)	3,09	3,02	2,26	0,39	0,13	11,7	0,105	2652	1999	1,21	4,08
											1,10	3,84
											0,94	3,39
											*1,25	*4,61
14	Amphibolit, Haslach Kinzigtal (Baden)	—	—	—	—	—	*12,6	*0,17	*2169	—	1,91	4,30
											1,54	3,80
											*1,53	*4,50
15	Grauwacke v. Ottrott-St. Nabor (Elsaß)	2,77	2,69	2,89	0,12	0,04	5,4	0,054	1982	1681	1,24	2,90
							6,8	0,100	2257		1,57	3,11

Anmerkung: Die mit * bezeichneten Zahlen bedeuten frühere Resultate.

und mit größtmöglicher Genauigkeit vorgenommen werden. Auf jeder Strecke sollten mindestens zwei Schotterarten aus Einheitsgestein (Felsgebräch) hintereinander eingewalzt werden und zwar auf eine Mindestlänge von je 100 Metern.

Mit allen zu Vergleichszwecken eingebauten Schotterarten wurden neben der Devalprobe, trocken und naß, die bisher üblichen technologischen Untersuchungen vorgenommen. Die Laboratoriumsversuche der 15 auf 34 Versuchsstrecken eingebauten Schotterarten wurden im Laufe des Sommers 1918 fertig. Sie sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Auf den Versuchsstrecken waren an wenigstens vier verschiedenen Tagen Verkehrszählungen vorzunehmen. Diese waren auf zwei bis drei Monate zu verteilen und in der Wahl der Wochentage mußte abgewechselt werden. Bei den Zählungen mußten getrennt ermittelt werden: die Zahl der Automobile, der Zweispanner und mehrspännigen Fuhrwerke, sowie der Velos und Handwagen.

Leider vermochten der Krieg und die fast noch unerquicklicheren Verhältnisse der Nachkriegszeit das Vorhaben stark zu beeinflussen, sodaß die Ergebnisse der Beobachtungen und namentlich der Verkehrszählungen nicht in vollem Umfange erhältlich waren.

Aus den eingelieferten Querprofilen wurde die mittlere Abnutzung bestimmt, außerdem für jede einzelne Versuchsstrecke und für jeden Schotter die mittlere monatliche Abnutzung bis zur ersten Nachkiesung und bis zur gänzlichen Erneuerung errechnet. Um die Ergebnisse der Verkehrszählungen auf eine Einheit reduzieren zu können, mußte ein Fahrzeugkoeffizient eingeführt werden. Auf Grund einläßlicher Studien kam Herr Ingenieur Fr. Steiner in Bern, welcher die Ergebnisse der Schotterversuche zu verarbeiten beauftragt war, zu folgenden Fahrzeugkoeffizienten:

Motorlastwagen	10	Zweispanner	2
Personenautomobile	4	Einspanner	1
Mehrspanner	3	Handwagen u. Velos	0,2

So konnte für jede Versuchsstrecke eine Verkehrszahl ermittelt werden und durch Division der mittleren monatlichen Abnutzung durch die Verkehrszahl ergab sich die mittlere monatliche Abnutzung pro Verkehrseinheit.

Auf diese Weise ließ sich eine Rangordnung der verschiedenen Schotterarten nach ihrer Abnutzung durch den

Verkehr aufstellen. Wir verzichten hier auf die detaillierte Wiedergabe der Ergebnisse zur Beurteilung und zum Vergleich der einzelnen Schotterarten, weil infolge zu ungleichmäßiger Verhältnisse auf den Versuchsstrecken und einzelner nicht ganz einwandfreier Beobachtungen ein endgültiges Urteil über die Bewertung der verschiedenen Schotterarten verfrüht wäre. Wichtiger sind die Untersuchungen nach der

Bewertung der laboratoriumsmäßigen Prüfungsmethoden.

Zu diesem Zwecke wurden die auf verschiedenen Versuchsstrecken erprobten Gesteine nach den Ergebnissen der mittleren monatlichen Abnutzung und nach den Resultaten der technologischen Untersuchungen ihrem Rang entsprechend zusammengestellt und dann die Zahl der Abweichungen ermittelt.

Leider ließen sich diese grundlegenden Untersuchungen nur für zwei Schotterarten durchführen: für Basalt von Hohenstoffeln und für Kalkstein von Weesen (Nr. 1 und 13 der Tabelle 1). Diese zwei Materialien waren wenigstens auf drei Versuchsstrecken erprobt worden, alle übrigen Sorten nur an einem oder höchstens zwei Orten. Wir führen hier der Vollständigkeit halber und zur Orientierung über das Vorgehen bei der Auswertung der Versuchsergebnisse aus dem Bericht*) von Herrn Ingenieur Fr. Steiner einige Tabellen bei.

1. Versuchsstrecke des Straßeninspektorates Zürich (Seestraße.)

*Rangordnung nach der mittleren monatlichen Abnutzung
Tabelle 2. pro Verkehrseinheit.*

Rang	Steinsorte	mittl. monatl. Abnutzung pro Verkehrseinheit $\times 1000$
1.	Basalt Hohenstoffeln	3,505
2.	Kieselkalk Brunnen	4,24
3.	Kieselkalk Betlis	4,38
4.	Kieselkalk Seewen	4,53
5.	Kieselkalk Rotzloch	4,67
6.	Kieselkalk Beckenried	4,82
7.	Kalkstein Weesen	4,82

*) Als Separatabzug aus der „Schweiz. Zeitschrift für Straßenwesen“ zu beziehen bei der Geschäftsstelle der Vereinigung schweiz. Straßenfachmänner in Zürich 1, Selnastr. 11.

Durch Vergleichung der Rangordnungen in Tabelle 3 mit der praktisch erprobten Reihenfolge der Schotter Tab. 2 finden wir für die beiden Schotter Basalt und Kalkstein von Weesen folgende Abweichungszahlen:

Tabelle 4.			Es ergeben sich weiter folgende	
Abweichungszahlen			Abweichungen:	Summe der
Basalt	Kalkstein	Weesen		Abweichungszahlen
4	3	7	Spez. Gewicht	2
4	4	8	Raumgewicht	
4	4	8	Abnützbarkeit in gr	
1	1	2	„ in cm	
0	2	2	Druckfestigkeit trocken	0
0	2	2	„ naß	1
1	1	2	Deval trocken	3
0	0	0	Porosität absolut	7
1	0	1	Porosität scheinbar	8
1	2	3	Wasseraufnahme in %	
6	2	8	Deval naß	

2. Versuchsstrecke des Tiefbauamtes der Stadt St. Gallen.

Rangordnung nach der mittleren monatlichen Abnützung pro Verkehrseinheit.

Rang	Steinsorte	mittl. monatl. Abnützung pro Verkehrseinheit $\times 1000$
1.	Basalt Hohenstoffeln	5,01
2.	Kalkstein Weesen	5,28
3.	Hartsandstein Matt	6,95
4.	Kieselkalk Hohenems	7,52

Durch eine Vergleichung der Rangordnungen in Tab. 6 mit der praktisch erprobten Reihenfolge (Tabelle 5) der Schotter finden wir für Basalt und Kalkstein von Weesen:

Tabelle 7.			Es zeigen sich Abweichungen:	
Abweichungszahlen				Summe der
Basalt	Kalkstein	Weesen		Abweichungszahlen
0	1	1	Spez. Gewicht	1
0	1	1	Raumgewicht	
3	1	4	Porosität scheinbar	2
1	1	2	Wasseraufnahme in %	
1	1	2	Druckfestigkeit trock.	
1	2	3	„ naß	
2	2	4	Deval trocken	

Zusammenstellung der Laboratoriumsversuche:

Tabelle 3.

Laufende Nr.	Steinsorte	Spez. Gewicht		Raum-Gewicht		Porosität %				Wasser-aufnahme in % des Gewichts		Abnützbarkeit				Druckfestigkeit kg/cm ₂				Abnützungskoeffizient nach Deval			
						absolut		scheinbar				in gr		in cm		trocken		naß		Trockenpr.		Naßprobe	
1	Kalkstein Weesen	2,71	5	2,65	5	2,21	4	0,29	3	0,11	3	22,4	6	0,209	6	1561	7	1472	7	1,30	5	3,44	5
3	Kieselkalk Beckenried	2,70	6	2,62	7	2,96	6	0,49	6	0,19	6	7,25	1	0,079	1	2105	3	1771	6	1,34	6	3,44	4
4	Kieselkalkstein Betlis	2,71	4	2,67	2	1,48	2	0,18	2	0,07	2	19,6	5	0,137	3	1904	6	1844	4	1,29	4	3,58	6
6	Kieselkalk Rotzloch	2,75	2	2,65	6	3,64	7	0,13	1	0,05	1	18,3	4	0,168	5	2336	2	2114	1	1,07	1	2,64	1
8	Kieselkalk Brunnen	2,72	3	2,66	4	2,21	3	0,29	4	0,11	4	16,01	3	0,161	4	1976	4	1779	5	1,16	3	3,05	3
9	Kieselkalk Seewen	2,69	7	2,66	3	1,12	1	0,65	7	0,24	7	25,55	7	0,261	7	1974	5	1955	3	1,59	7	2,94	2
13	Basalt Hohenstoffeln	3,09	1	3,02	1	2,26	5	0,39	5	0,13	5	11,7	2	0,105	2	2652	1	1999	2	1,125	2	3,98	7

Bemerkung: Diese Zahlen stellen die Mittelwerte aus Tabelle 1 dar.

Tabelle 6.

1	Kalkstein Weesen	2,71	3	2,65	3	2,21	3	0,29	1	0,11	1	22,4	4	0,209	4	1561	4	1472	4	1,30	3	3,44	2
3	Hartsandstein Matt	2,69	4	2,64	4	1,86	2	0,76	4	0,29	4	6,1	1	0,062	1	1897	2	1797	2	0,95	1	2,92	1
21	Kieselkalk Hohenems	2,72	2	2,68	2	1,47	1	0,44	3	0,17	3	15,4	3	0,104	2	1609	3	1570	3	1,56	4	3,62	3
22	Basalt Hohenstoffeln	3,09	1	3,02	1	2,26	4	0,39	2	0,13	2	11,7	2	0,105	3	2652	1	1999	1	1,125	2	3,98	4
																				1,08		3,77	

Tabelle 9.

1	Kalkstein Weesen	2,71	2	2,65	2	2,21	1	0,29	1	0,11	1	22,4	2	0,209	2	1561	2	1472	2	1,30	2	3,44	1
22	Basalt Hohenstoffeln	3,09	1	3,02	1	2,26	2	0,39	2	0,13	2	11,7	1	0,105	1	2652	1	1999	1	1,125	1	3,98	2
																				1,08		3,77	

Die Zahlen in der zweiten Kolonne jeder Rubrik geben die Rangordnung an.

Abweichungszahlen			Summe		Summe der Abweichungszahlen
Basalt	Kalkstein	Weesen			
0	2	2	2	Abnützbarkeit in gr	3
0	2	2	2	Deval naß	
1	1	2	2	Porosität absolut	4
3	0	3	3	Abnützbarkeit in cm	

3. Versuchsstrecke der kantonalen Bauverwaltung Herisau.

*Rangordnung nach der mittleren monatlichen Abnutzung
Tabelle 8. pro Verkehrseinheit $\times 1000$*

Rang	Steinsorte	mittl. monatl. Abnutzung pro Verkehrseinheit $\times 1000$
1.	Basalt Hohenstoffeln	2,21
2.	Kalkstein Weesen	3,08

Tabelle 10.				Hier ergeben sich folgende Abweichungen:	
Abweichungszahlen			Summe	Summe der Abweichungszahlen	
Basalt	Kalkstein	Weesen			
0	0	0		Spez. Gewicht	0
0	0	0		Raumgewicht	
1	1	2		Abnützbarkeit in gr	
1	1	2		in cm	
1	1	2		Druckfestigkeit trock.	
0	0	0		naß	2
0	0	0		Deval trocken	
0	0	0		Porosität absolut	
0	0	0		scheinbar	
0	0	0		Wasseraufnahme in %	
1	1	2		Deval naß	

Die vorstehenden Tabellen lassen erkennen, daß sich Basalt und Kalkstein von Weesen nicht ganz gleich verhalten. Über die Ursachen dieser Verschiedenheiten und die weitere Verwertung der Zusammenstellung lassen wir dem mehrfach erwähnten Berichterstatter das Wort:

„Aus diesen Zusammenstellungen ist ersichtlich, daß eine Differenzierung der einzelnen theoretischen Versuche umso besser gelingt, je größer die Zahl der Versuchsschotter ist, da die Zahl der Abweichungen gleich der Schotterzahl sein kann. Für Zürich konnten wir die elf theoretischen Versuche in sechs Abweichungsgruppen, in St. Gallen in vier und in Herisau nur noch in zwei Gruppen teilen. Je

größer die Zahl der Gruppen ist, desto besser wird deshalb eine Bewertung der theoretischen Versuchsergebnisse möglich sein. Für die Wiederholung der Versuche sollten deshalb auf allen Versuchsstrecken nicht nur die nämlichen, sondern auch gleich viele Schotter, zum mindesten deren fünf verwendet werden.

Sodann ist aus den Zusammenstellungen zu ersehen, daß sich Basalt und Kalkschotter von Weesen nicht ganz gleich verhalten. Ob die Ergebnisse von Basalt oder diejenigen des Kalkschotters als zuverlässiger zu betrachten sind, ist nicht schwer zu entscheiden, wenn man bedenkt, daß die Kalksteine Sedimente sind und deren Zusammenstellung nach den einzelnen Schichten wechseln kann. Andererseits steht nicht einwandfrei fest, daß die Laboratoriumsversuche auch mit den wirklich zum Einbau verwendeten Schottermaterialien vorgenommen worden sind und daß demnach eine direkte Vergleichung der praktischen und theoretischen Versuchsergebnisse angängig ist. Beim Basalt, als einem Ergußgesteine, dürfte die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung besser gewährleistet sein als beim Kalkstein, weshalb der Basalt ohne Zweifel auch die zuverlässigeren Resultate ergibt. Wenn wir nun nur die Ergebnisse des Basaltes für Zürich, St. Gallen, Herisau betrachten, so finden wir:

Tabelle 11.				woraus sich folgende Rangeinteilung ergibt:	Summe der Abweichungszahlen
Abweichungszahlen Zürich	St. Gallen	Herisau	Summe		
0	0	0	0	Spez. Gewicht	0
0	0	0	0	Raumgewicht	
4	3	1	8	Druckfestigkeit trock.	
4	1	1	6	„ „ naß	1
4	1	1	6	Abnützbarkeit in gr	2
1	1	0	2	Deval trocken	
1	2	0	3	Abnützbarkeit in cm	3
0	0	0	0	Porosität scheinbar	6
1	0	0	1	Wasseraufnahme in %	
1	1	0	2	Porosität absolut	8
6	3	1	10	Deval naß	10

Für den Basalt ergeben sich nach Tabelle 11 als zuverlässigste Wertmesser die Gewichte (spez. und Raumgewicht) und die Druckfestigkeiten. Am unzuverlässigsten

sind die Deval-Naßprobe, die absolute und die scheinbare Porosität und die Wasseraufnahme in Prozent.

Führen wir die gleichen Untersuchungen für den Kalkstein von Weesen durch, so finden wir:

Tabelle 12.				Hieraus ergibt sich folgende Rang-	
Abweichungszahlen			Summe	einteilung:	Summe der Abweichungszahlen
Zürich	St. Gallen	Herisau			
3	1	1	5	Spez. Gewicht	3
4	1	1	6	Raumgewicht	
4	1	1	6	Abnützbarkeit in gr	
1	2	0	3	in cm	
1	2	0	3	Deval trocken	
0	2	0	2	" naß	2
2	1	0	3	Druckfestigkeit trock.	
2	1	0	3	naß	
0	2	0	2	Porosität absolut	5
2	1	0	3	" scheinbar	6
2	0	1	3	Wasseraufnahme in %	

Aus der Zusammenstellung (Tabelle 12) ist ersichtlich, daß sich auch für den Kalkstein von Weesen die Druckfestigkeiten und die Gewichte als diejenigen theoretischen Prüfungsmethoden ergeben, welche mit den praktischen Versuchen am besten übereinstimmen. Am schlechtesten stimmen Wasseraufnahme, Porosität und Deval-Proben, ähnlich wie beim Basalt.

Die Durchführung der gleichen Untersuchung für andere Schotter als den Basalt und den Kalkstein von Weesen hat verwertbare Ergebnisse nicht ergeben, weil die anderen Schotter meistens nur an einem oder höchstens an zwei Orten praktisch untersucht worden sind und demnach eine eigentliche Vergleichsreihe nicht entstanden ist.

Aus der Vergleichung der theoretischen Versuchsergebnisse für Basalt und Kalkstein von Weesen mit den in Zürich, St. Gallen und Herisau praktisch erhaltenen Resultaten gelangen wir nun auch zu einer Bewertung der Deval-Proben. Dabei kommen wir zum Schlusse, daß denselben die ihnen seinerzeit zugemessene Bedeutung für die Wertbestimmung der Schotter tatsächlich nicht zukommt. Immerhin glauben wir auf Grund der Ergebnisse von nur zwei Schottersorten ein abschließendes Urteil noch nicht geben zu dürfen. Sichere Schlußfolgerungen werden

erst dann gezogen werden können, wenn mehrere, mindestens fünf verschiedene Schotter ein ähnliches Resultat ergeben haben.“

Das Ergebnis dieser ersten praktischen Schotterversuche war derart, daß sich nicht nur die Wünschbarkeit einer Wiederholung auf einheitlicher Grundlage aufdrängte, sondern auch Anzeichen dafür vorhanden waren, daß sich danach doch endgültige Schlüsse über die Bewertung der laboratoriumsmäßigen Untersuchungen ziehen lassen würden.

Der Vorstand der Vereinigung schweizerischer Straßenfachmänner hat daher die Wiederholung der Versuche beschlossen und für dieselben einheitliche und bestimmte Vorschriften bezüglich des Einbaues und der Beobachtung der Versuchsstrecken aufgestellt, die wir hier anführen möchten:

1. Die Zahl der Versuchsstrecken ist auf drei bis vier zu beschränken, dafür aber soll die Durchführung der Versuche mit der größtmöglichen Sorgfalt erfolgen.

2. Bei der Wahl der Versuchsstrecken ist auf möglichst ähnliche Verhältnisse derselben zu achten, und zwar bezüglich:

- a) des Gefälles,
- b) der Lage in bezug auf Beschattung und Besonnung,
- c) des Unterbaues (bezw. der Entwässerung),
- d) der Stärke des Verkehrs.

3. Die Zahl der zu untersuchenden Schotter sollte auf fünf festgesetzt werden, und zwar sollen sämtliche fünf Schottersorten auf allen Versuchsstrecken erprobt werden.

4. Der Einbau der Schotter muß auf allen Versuchsstrecken nach der gleichen Methode vorgenommen werden und zwar:

- a) Die Versuchsstrecke ist auf die ganze Länge und für die ganze Zeit, bis auch der letzte Schotter vollständig eingewalzt ist, für den Fahrverkehr abzusperren.
- b) Der Einbau hat auf allen Versuchsstrecken zu ungefähr der gleichen Zeit zu erfolgen.
- c) Die Schotter sind in der nämlichen Reihenfolge einzubauen. Für die äußersten Strecken fallen 30 m für die Beurteilung außer Betracht.
- d) Die alte Decke ist vollständig zu entfernen.
- e) Die Einsandung und Abschlemmung der Walzdecke soll mit dem Material des betreffenden Schotters erfolgen.

- f) Die für den Einbau zu verwendende Walze soll ein Gewicht von ca. 14 Tonnen aufweisen.
- g) Die mittlere Dicke der fertig gewalzten Decke soll ca. 10 cm betragen.
- h) Die Länge der einzelnen Versuchsstrecken soll für jeden Schotter 80 m sein, für die beiden äußersten gemäß al. c) $80 + 30 = 110$ m.
- i) Auf eine möglichst gleichmäßig ebene Beschaffenheit der Oberfläche der Walzdecke ist besondere Sorgfalt zu legen.

5. Die Beobachtung der verschiedenen Versuchsstrecken hat auf gleiche Weise zu erfolgen:

- a) Unmittelbar vor der Eröffnung des Verkehrs ist das erste Nivellement auszuführen.
- b) Das zweite Nivellement ist nach einem Monat, die folgenden sind alle sechs Monate zu wiederholen.
- c) Die Querprofile sind in Abständen von 10 m aufzunehmen.
- d) Der Abstand der Ablesepunkte der Querprofile soll 25 cm betragen.

6. Die Verkehrszählungen sind mit großer Genauigkeit durchzuführen:

- a) Sie sind stets während einer ganzen Woche vorzunehmen.
- b) Die erste Verkehrszählung hat unmittelbar nach der Eröffnung der Versuchsstrecke zu erfolgen.
- c) Sie haben sich in Abständen von je zwei Monaten zu folgen.
- d) Die Zählungen sollen von 5 Uhr morgens bis 9 Uhr abends ohne Unterbrechung dauern.
- e) Es sind folgende Fahrzeuge zu unterscheiden:
 - 1. Motorlastwagen mit Vollgummi.
 - 2. Motorlastwagen mit Pneus.
 - 3. Personenautos.
 - 4. Zwei- und mehrspännige Fuhrwerke.
 - 5. Einspännige Fuhrwerke.
 - 6. Handwagen.
 - 7. Velos.

7. Bei den Laboratoriumsuntersuchungen ist darauf zu achten, daß die Probewürfel und Versuchskörper wirklich aus dem auf den Versuchsstrecken zu prüfenden Steinmaterial bestehen.

- a) Sämtliche Laboratoriumsversuche sind für die zu erprobenden Schotterarten neu auszuführen.
- b) Die Entnahme der Probekörper hat durch die Organe der V.S.S. zu erfolgen, welche auch die Herstellung und den Versand des Schotter in den Brichen zu überwachen hat.

8. Desgleichen ist die Durchführung der Versuche (Einbau und Beobachtung der Versuchsstrecken und der Verkehrszählungen) durch die Organe der V.S.S. zu kontrollieren.

Die neuen Versuchsstrecken befinden sich:

Auf der Forchstraße zwischen Egg und Hinteregg im Kanton Zürich,

auf der Straße Zürich—Baden beim Dorf Spreitenbach im Kanton Aargau, und

auf der Wylerstraße in der Stadt Bern.

Es sind überall in der gleichen Reihenfolge die folgenden fünf Schotterarten eingebaut worden:

1. Dichter feinkörniger Kieselkalk von Beckenried aus dem Steinbruch von F. Cernic-Gyr, Brunnen.
2. Grobspätiger kristalliner Kalkstein von grauer Farbe aus dem Schrattenkalk von Weesen; Bruchbesitzer J. Büchi-Signer, St. Gallen.
3. Schwarzgrauer Kieselkalk von Kehrsiten; Bruch der Gebr. Blättler, Rozloch.
4. Basalt von Immendingen; Bruch der Basaltwerke Immendingen und Hohenstoffeln (G. m. b. H.).
5. Kieselkalk von Seewen aus dem Bruch der Firma Steinbrüche Seewen-Schwyz, Inh. A. Weber in Schwyz.

Der Einbau der Versuchsstrecken erfolgte im Sommer 1923. Die technologischen Untersuchungen erstrecken sich über alle bisher für Bausteine üblichen Proben nebst der Devalprobe, trocken und naß, und zwar soll die letztere auch durchgeführt werden mit Schotter, welcher zuerst dem Gefrierverfahren ausgesetzt war, nachdem vorgängig die Wasseraufnahmefähigkeit bestimmt wurde. Zurzeit wird noch die Frage geprüft, ob nicht mit Vorteil auch eine petrographische Untersuchung des Versuchsmaterials veranlaßt würde.

Zweifellos wird die Wiederholung der Versuche Resultate zu liefern vermögen, welche die Übereinstimmung zwischen der Wissenschaft und der Praxis auch auf diesem

Gebiete dartun. Einerseits wird es dann möglich, die Untersuchungen abzukürzen, zu verbilligen, durch Weglassung derjenigen Proben, welche für die Beurteilung der Eignung eines Gesteins als Straßenbaumaterial ohne Nachteil unberücksichtigt bleiben können. Andererseits wird vielleicht das Ergebnis anregen zu Versuchen, welche noch besser als bisherige Methoden die zutreffende Untersuchung des Materials darstellen. Hierauf kann an eine weitere Bearbeitung des „Steinbandes“ für die Zwecke des Straßentechnikers herangetreten werden. Weitere Fundstellen für geeignetes Material, wie sie sich an Hand der geologischen Karte auffinden lassen, können dann eher und mit geringeren Kosten eingehender untersucht werden.

Eine zuverlässige Prüfung des Gesteins auf seine Eignung für Straßenbauzwecke ist unerlässlich, denn bei der heutigen Beanspruchung der Straßen durch den Verkehr kann nur das Beste gut genug sein. Auch die vermehrte Einführung des Teer- oder Bitumenstraßenbaues kann der hochqualifizierten Gesteinsmaterialien nicht entbehren, weil auch da das Traggerüst, d. h. der Steinkörper, nach wie vor den Beanspruchungen standhalten muß. Die vermehrte Anwendung des Kleinsteinpflasters macht erst recht eine zuverlässige Kenntnis des Materials notwendig.

Eine weitgehende Kenntnis der geologischen und petrographischen Verhältnisse unseres Landes, speziell hinsichtlich der Bezugsquellen für Schotter und Pflastersteine, wird umso wertvoller, da heute bei der äußersten Anspannung aller Kräfte und bei der fast unerträglichen Last, welche das Straßenwesen für die Verwaltungen darstellt, nichts unterbleiben darf, was die Möglichkeit in sich schließt, Mittel und Wege zu finden, um, ohne Schaden für die Qualität, die Kosten der Materialbeschaffung, namentlich die Transportkosten, auf ein erträgliches Maß zu reduzieren.

Im Interesse einer engeren Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis auch auf diesem Teil des mineralogisch-petrographischen Gebietes werden wir nicht unterlassen, über die Ergebnisse der jetzt im Gang befindlichen praktischen Schotterversuche an dieser Stelle wieder zu berichten.
