

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15274

# Das Kleinpflaster

nach den Erfahrungen der Praxis

von

H. Bespermann



Union Deutsche Verlagsgesellschaft  
Zweigverlagung Berlin

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300182





# Das Kleinpflaster

:: nach den Erfahrungen der Praxis ::





# Das Kleinpflaster

## nach den Erfahrungen der Praxis

Bearbeitet auf Grund von Rundfragen bei zahlreichen Baubehörden

in erster Auflage von

Professor Krüger = Bremen

und mit einer Einleitung versehen von

Königl. Baurat Gravenhorst = Stade

Zweite Auflage

völlig umgearbeitet und erweitert von

Bauinspektor Wespermann = Frankfurt a. M.

Mit 13 Abbildungen

*F. N. 37031*



Berlin 1915

Union Deutsche Verlagsgesellschaft Zweigniederlassung Berlin

Alle Rechte, auch das der Uebersetzung, vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 15274

Akc. Nr. 903/49

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	7
Einleitung . . . . .	9
1. Entwicklung des Kleinpflasters . . . . .	11
2. Beschaffenheit und Verfertigung der Steine	
A) Form und Abmessungen . . . . .	18
B) Gesteinsarten . . . . .	24
C) Bearbeitung der Steine von Hand und durch Maschinen . . . . .	32
3. Bauweise	
A) Einfassung, Unterbau und Bettung . . . . .	36
B) Wölbung, Art der Verlegung und Fugenausfüllung . . . . .	49
4. Verhalten des Pflasters unter verschiedenen Verhältnissen	
A) Klimatische Verhältnisse . . . . .	56
B) Aufbrüche infolge unterirdischer Leitungen . . . . .	56
C) Anschluß an Straßenbahngleise . . . . .	57
D) Steigungsverhältnisse . . . . .	58
E) Einwirkung des Verkehrs . . . . .	58
5. Dauer und Haltbarkeit	
A) Größe und Art der Abnutzung . . . . .	62
B) Dauer des Pflasters . . . . .	63
6. Unterhaltung und Reinigung . . . . .	67
7. Herstellungs-, Unterhaltungs- und Reinigungskosten . . . . .	69
8. Beurteilung des Kleinpflasters	
vom Standpunkt	{
A) des Verkehrs . . . . .	77
B) der öffentlichen Gesundheitspflege . . . . .	78
C) der Wirtschaftlichkeit oder Rentabilität . . . . .	80
D) in allgemeiner Hinsicht . . . . .	85
9. Grundsätze für die Anwendung . . . . .	86





## Vorwort zur ersten Auflage.

Im Februar 1909 wandte sich der Verlag der „Wasser- und Wegebau-Zeitschrift“ in Stade an etwa 200 Straßenbaubehörden des Deutschen Reiches mit der Bitte um Auskunft, ob in ihren Amtsbezirken Kleinpflasterungen hergestellt worden sind, und wenn das der Fall sein sollte, um Mitteilung, wann die erste Ausführung erfolgte, wie groß die mit Kleinpflaster befestigte Straßenfläche Ende 1908 war, in welcher Weise die Kleinsteine verlegt und aus welchem Gestein und in welcher Größe und Form sie angefertigt wurden, welchen Unterbau das Kleinpflaster erhielt, wie hoch sich der Herstellungspreis für das Quadratmeter Straßenfläche bei vorhandenem bzw. bei neu anzufertigendem Unterbau stellte, ob Zement bei der Pflasterung in irgendeiner Weise Verwendung fand und wie sich das Kleinpflaster gegenüber anderen Befestigungsarten bislang bewährte.

Der Versand der Fragebogen erfolgte zu dem Zweck, die eingehenden Auskünfte zu einer größeren abschließenden Arbeit über das Kleinpflaster zu benutzen und diese als Denkschrift zum 25jährigen Jubiläum dieses Pflasters im Jahre 1910 erscheinen zu lassen.

Bis Anfang September 1909 hatten gerade 100 Baubehörden die gestellten Fragen bereitwilligst beantwortet und viele von ihnen noch außerdem manches mitgeteilt, was von allgemeinem wissenschaftlichem Interesse ist. Von einer Behörde war nachträglich noch eine Antwort eingelaufen. Etwa 20 Baubehörden teilten mit, in ihren Amtsbezirken seien Kleinpflasterungen nicht vorhanden, und einige wenige Baubehörden bemerkten, sie besäßen über Kleinpflaster noch keine genügenden Erfahrungen, weil dieses von ihnen nur in einem sehr geringen Umfange hergestellt worden sei.

---

## Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem das Werk inzwischen in den Verlag der „Union Deutsche Verlagsgesellschaft“ übergegangen ist und Herr Professor Krüger dem Wunsche desselben auf Neubearbeitung aus persönlichen Gründen nicht zu entsprechen vermochte, hat Unterzeichneter die Bearbeitung übernommen. Der zweiten Auflage liegen als weiteres amtliches Material zugrunde:

1. Das Ergebnis einer neueren Rundfrage vom Jahre 1913.
2. Berichte der Verwaltungen der preußischen Provinzialverbände zu den einzelnen Beratungsgegenständen für den Straßenkongreß in London 1913.
3. Das statistische Jahrbuch deutscher Städte.

Das Werk hat in bezug auf die äußere Form insofern eine Änderung erfahren, als das Inhaltsverzeichnis ausführlicher gestaltet, der Stoff im Interesse einer besseren Übersichtlichkeit nach Land- und Stadtstraßen gesichtet und der Inhalt der einzelnen Auskünfte vollkommen in die entsprechenden Kapitel des textlichen Teils aufgenommen wurde. Auf diese Weise wurde letzterer für sich selbständig und konnte von den einzelnen Hinweisungen auf die Auskünfte Abstand genommen und das Studium des Werkes wesentlich erleichtert werden. Da sich somit eine besondere Durchsicht der Auskünfte erübrigt, auch der Stoff eine erhebliche Erweiterung erfahren hat, erschien es zweckmäßig, auf den in der ersten Auflage enthaltenen Abdruck der einzelnen und umfangreichen Auskünfte zu verzichten. Die zweite Auflage erscheint insofern dieser Maßnahme im Vergleich zur ersten in vollkommen umgeänderter und erweiterter Gestalt.

Frankfurt a. M., Herbst 1914.

Wespermann.

## Einleitung.

Das Kleinpflaster verdankt seine Entstehung der Beobachtung des Verschleißes der Steinschlagbahnen und dem Bestreben, den Bau der Steinstraßen (Landstraßen) zu verbessern. Bei den von mir 1881 begonnenen und eine längere Reihe von Jahren fortgesetzten Messungen der Höhenabnahme der Schotterbahnen — bald auch auf das Kleinpflaster ausgedehnt — zeigte sich deutlich, daß Steinschlagstücke von größerem kubischem Inhalte von dem Raddrucke nicht sobald zerstört (zerdrückt) wurden. Eine aus besonders grobem Steinschlage probeweise hergestellte Steinschlagbahnstrecke nutzte sich weniger ab, zeigte aber bald störende Unebenheiten, indem die größeren Steinschlagstücke nach einigen Jahren aus der Oberfläche hervorragten, weil neben ihnen die kleineren zerdrückt waren. Der Gedanke lag nun nahe, auf alten, abgenutzten, entsprechend vorgerichteten Steinschlagbahnen anstelle von Decken aus bestgeformten Steinschlagstücken von 4 bis 6 cm Höhe Pflaster herzustellen. Dieser Gedanke kam im Sommer 1885 zur Ausführung auf einer 4 m langen, 3,5 m breiten Versuchsstrecke (Abb. 1), die noch heute den gehegten Erwartungen entspricht und irgendwelche Ausbesserungen bisher nicht erforderte. Mit Vergnügen denke ich an die Stunden zurück, in welchen ich dieses erste Kleinpflaster entstehen sah. Als die durch Abhacken profilmäßig vorgerichtete Steinschlagbahn mit einer 4 cm hohen Sandschicht bedeckt war, fragte der schon bejahrte Steinseher, der die Steine angefertigt hatte und der sie nun versehen sollte: „Wie soll es gemacht werden?“ — „Geben Sie mir Ihren Hammer, so will ich's Ihnen zeigen.“ Der Wegemeister und mehrere Arbeiter sahen mir zu auf die Finger. Noch nie hatte ich einen Pflasterstein versehen. Ein gelinder Schreck war die Folge, als ich beim Sehen der ersten Steine erkannte, daß auch diese Arbeit geübt sein will. Nachdem etwa  $\frac{1}{4}$  qm gesetzt war, gab ich den Hammer zurück und der alte Steinseher setzte ihn in Bewegung. — „Da sieht man den Unterschied im Können eines gelernten und nicht gelernten Steinsehers“ — lautete meine erste Bemerkung. Dann waren unter Zuziehung zweier im Pflastern völlig ungeübter Handarbeiter die 14 qm Kleinpflaster bald hergestellt. Nach dem Dichten und Einschlämmen der Fugen mit Kies und nachdem das Pflaster mit einer schwachen Sandschicht bedeckt war, ließ ich die Absperrung beseitigen. Der erste Wagen rollte über das neue Pflaster dahin. Seine Prüfung bestand es gut. Es entsprach meinen Erwartungen. Ein bescheidener Anfang war gemacht. Die verwendeten Kleinsteine bestanden aus nordischem Geschiebe. Sie waren aus alten, abgenutzten aber festen Großpflastersteinen angefertigt. Die mit möglichster Sorgfalt betriebenen, beim obigen Kleinpflaster

noch nach 22 Jahren wiederholten Verschleißmessungen ergaben, daß unter gleichen Umständen die Höhenabnahme der Steinschlagbahn acht mal größer sich erwies wie bei dem Kleinpflaster. Während das erste Kleinpflaster in 22 Jahren fast 8 mm an Höhe abnahm, verlor die Steinschlagbahn 66 mm. Die abschleifende oder reibende Wirkung der Räder zeigte auf dem Pflaster sich äußerst gering gegenüber der zerstörenden Raddruckwirkung auf der Steinschlagbahn.

Angeachtet obiger Überlegungen, Messungen und Erfahrungen fanden sich manche Fachleute, die zunächst die Nützlichkeit des Kleinpflasters bezweifelten, und die Neuerung fand in den ersten 15 bis 20 Jahren verhältnismäßig wenig Nachahmung. Das langsame und vorsichtige Vorgehen erwies sich der Sache als nützlich. Es wurden nach und nach mehr Erfahrungen gesammelt und daneben Verbesserungen eingeführt.

Der Automobilverkehr dürfte sich immer mehr ausbreiten. Ihm sind die Steinschlagbahnen nicht gewachsen. Gutes Kleinpflaster leistet seinen Angriffen ausreichend Widerstand. Mit dem Wachsen des Verkehrs, besonders des Lastverkehrs und der Geschwindigkeit desselben muß die Größe und Festigkeit der Steine und die Güte ihrer Form Schritt halten. Ein Pflaster indessen aus Würfeln von 10 bis 11 cm Seite, oder besser aus Steinen von etwa 8 mal 14 cm gleich 112 qcm Kopffläche und fast so großer Fußfläche bei 10 bis 12 cm Höhe dürfte nicht mehr Kleinpflaster, sondern Mittelpflaster zu nennen sein.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Kleinpflaster die Steinschlagbahnen größtenteils verdrängen wird. Dasselbe hält sich sauberer, die Schlamm- und Staubbildung ist geringer, es ist nicht so geräuschvoll wie Großpflaster und es tritt eine Ersparung an Zugkraft und Unterhaltungskosten ein.

Stade, Oktober 1909.

Grabenhorst.

## 1. Entwicklung des Kleinpflasters.

Von jeher waren die Straßenbauingenieure bemüht, für solche Straßen, deren Verkehr eine Steinschlagbahn auch bei Verwendung besten Schotterdeckmaterials, sorgfältigster Ausführung und guter Walzendichtung nicht gewachsen ist, deren Verkehr aber die Herstellung eines teuren Großpflasters noch nicht bedingte eine besser geeignete wirtschaftliche Befestigungsart zu finden, d. h. eine Befestigungsart, die in der Herstellung nicht viel teurer, in der Unterhaltung aber weit billiger, auch staub- und schufsfreier ist als eine Steinschlagbahn, und die geringere Anlagekosten und weniger Verkehrsgeräusch verursacht als ein Großpflaster. Lange blieb der Erfolg dieser Bemühungen aus. Da kam der Landesbauinspektor, Königl. Baurat F. G r a v e n h o r s t in Stade auf den glücklichen Gedanken, anstelle des durch Handarbeit oder durch Steinbrechmaschinen aus Findlingen oder Bruchsteinen oder vielfach auch aus alten Pflastersteinen gewonnenen kleinen, unregelmäßig geformten, einem schweren Raddruck nicht genügend widerstehenden Schotters größere, besser bearbeitete, möglichst würfelförmige Steinstücke zur Bedeckung der abgefahrenen Steinschlagbahn zu verwenden und sie nicht auf die Unterlage zu schütten und in der durch den Zufall herbeigeführten Lage mit der Walze festzudrücken, sondern sie pflasterartig auf einem Sandbett eng aneinander zu reihen und festzustampfen, um eine genügend ebene Oberfläche zu erzielen. Im Jahre 1885 stellte er auf der Landstraße von Stade nach Himmelpforten (bei km 4,25) in einer Länge von 4 m das e r s t e Kleinpflaster her, und zwar benutzte er zu diesem Versuch als Unterlage eine alte, profilgemäß abgehackte Steinschlagbahn und zur Pflasterung Kleinsteine von 4 bis 6 cm Höhe, die aus alten Großpflastersteinen (festem nordischen Geschiebe) angefertigt waren. Diese ließ er mit engen Fugen mosaikartig in ein schwaches, auf der Steinschlagbahn möglichst gleichmäßig ausgebreitetes Sandbett setzen und die Fugen mit Sand und Kies einschlämmen. Eine Abrammung wurde nicht vorgenommen. Abb. 13 zeigt dieses Kleinpflasterstück nach etwa 23jährigem Bestande.

Nachdem mehrjährige Beobachtungen an der ersten Versuchsstrecke vorlagen, haben sowohl Landes- als auch Stadt-Verwaltungen ihre Aufmerksamkeit dem Kleinpflaster zugewendet und sich zur Einführung von Kleinpflaster veranlaßt gesehen. Die günstigen Erfahrungen, die man auch anderwärts mit den ersten Kleinpflasterungen machte, haben zur Fortsetzung der Versuche ermutigt, und — wie aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich — zur Anwendung in großem Maßstabe Veranlassung gegeben.

## a) Kleinpflaster auf Landstraßen.

Lfde Nr.	Provinz	Landesbauamt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
				Ende 1908 qm	Ende 1912 qm	
I. Preußen.						
1	Hannover	Stade	1885	860 000	1 000 000	140 000
2	do.	Celle	1887	341 000	400 000	59 000
3	do.	Verden a. Aller	1893	268 000	366 000	98 000
4	do.	Nienburg a. Weser	1899	52 300	99 000	46 700
5	do.	Hannover	1891	250 000	343 000	93 000
6	do.	Lingen a. Ems	1895	56 300	95 000	38 700
7	do.	Osnabrück	1897	89 700		
8	Schleswig-	Flensburg	1902	13 400		
9	Holstein	Heide	1908	2 800		
10	Westpreußen	Danzig	1897	7 500	22 430	14 930
11	Ostpreußen	Königsberg	1900	20 000	22 000	2 000
12	do.	Insterburg	1906	4 500	6 600	2 100
13	do.	Mohrungen	1904	4 900	9 200	4 300
14	Brandenburg	Provinzialverwaltg.	1898			
15	do.	Neu Ruppin	1899	88 300		
16	Posen	Gnesen	1906	4 600		
17	do.	Kösten	1905	1 500		
18	do.	Krotoschin	1904	14 800		
19	Schlesien	Gleiwitz	1898	32 000	40 000	8 000
20	Sachsen	Erfurt	1900	55 500	110 000	44 500
21	do.	Stendal	1902	40 000	76 000	36 000
22	Westfalen	Münster	1895			
23	do.	Soefft	1895	77 900	97 000	19 100
24	Rheinprovinz	Köln	1894	272 000		
25	do.	Summersbach	1898	54 000		
26	do.	Kreuznach	1895	6 600	20 000	13 400
27	Hessen-Nassau	Wiesbaden	1898	78 800	123 600	44 800
28	do.	Diez	1899	20 600	23 800	3 200
29	do.	Idstein	1906	5 100		
Zusammen				2 722 100	2 544 930	667 730

Lfde Nr.	Bauamt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
			Ende 1908 qm	Ende 1912 qm	
II. Sachsen.					
30	Leipzig	1898	24 800	66 500	41 700
31	Dresden	1899	26 600	51 000	24 400
32	Plauen	1906	4 800	20 000	15 200

Entwicklung des Kleinpflasters

Lfde Nr.	Bauamt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
			Ende 1908 qm	Ende 1912 qm	
33	Meißen	1899	17 800	43 300	35 500
34	Bittau	1905	7 900	16 200	8 300
35	Pirna	1905	1 350	4 000	2 650
36	Bautzen	1898	6 300	11 200	4 900
37	Schwarzenberg	1898	1 300	1 300	
38	Annaberg	1896	4 600		
		Zusammen	95 450	213 500	132 650
	III. Mecklenburg.				
39	Parchim	1897	110 000	109 400	— 600
40	Waren	1898	85 000	98 000	13 000
41	Güstrow	1896	59 000	60 000	1 000
42	Schwerin	1896	60 000	54 000	— 6000
43	Grabow	1898	16 200	15 900	— 300
44	Rostock	1897	62 000		
		Zusammen	392 200	337 300	20 900
	IV. Hessen-Darmstadt.				
45	Darmstadt	1899	36 000	90 000	54 000
46	Groß Gerau	1901	13 500	62 000	48 500
47	Bensheim	1901	3 900	41 600	37 700
48	Siegen	1907		10 600	
49	Heppenheim	1913		7 000	
50	Offenbach	1907	11 500	65 500	54 000
		Zusammen	64 900	276 700	194 200
	V. Braunschweig.				
51	Helmstedt	1896			
	Staatsstraßen			231 700	
	Kreisstraßen			322 300	
		Zusammen		554 000	
	VI. Sonstige Staaten.				
52	Dessau	1907	14 000	50 000	36 000
53	Bernburg	1897	332 500	394 000	61 500
54	Gera	1910		900	
55	Waldeck	1910		4 700	
56	Frankenhausen am Ryffhäuser	1907		8 400	
57	Lübeck	1910		19 300	
58	Speyer	1902	600	2 400	1 800
59	Strasßburg	1901	11 800	22 400	10 600
		Zusammen	358 900	105 100	109 900

Obgleich die Auskünfte von vielen Landesbauverwaltungen fehlen und die Unterlagen nur unvollständig sind, läßt sich doch erkennen, daß im Jahre 1908 mindestens 3, 6 Millionen Quadratmeter Landstraßen mit Kleinpflaster belegt waren und bis Ende des Jahres 1912 eine weitere Steigerung von über eine Million Quadratmeter eingetreten ist. Die Verwendung erstreckt sich auf Nord- und Mitteldeutschland, ist dagegen in süddeutschen Staaten unerheblich.

Über die Länge der mit Kleinpflaster belegten Landstraßen liegen genaue Angaben nicht vor. In der Provinz Hannover belief sich im Jahre 1908 die Gesamtlänge bei den 7 Landesbauämtern auf 472 km. Im Jahre 1910 waren auf Provinzialstraßen 542 km, auf Kreisstraßen 692 km, im ganzen 1234 km Kleinpflasterbahnen vorhanden. Im Kreise Westpreignitz sind in dem Zeitraum von 1898 bis 1903 etwa 90 km Kleinpflaster auf Landstraßen hergestellt worden. In der Provinz Brandenburg waren vom Jahre 1898 ab im Jahre 1908 etwa 53 km, im Jahre 1912 insgesamt 83 km Kleinpflasterstraßen von 5 bis 9 m Breite vorhanden. In der Provinz Schleswig-Holstein sind vom Jahre 1897 ab etwa 62 km, beim Bezirksverband Wiesbaden vom gleichen Jahre ab etwa 60 km Steinschlagbahnen mit Kleinpflaster belegt worden. Beim Landesbauamt Köln belief sich im Jahre 1908 die gesamte Strecke auf 54 km. Um die gleiche Zeit kommen in Bernburg und Dessau 77 km und in Schwerin ebenfalls 77 km in betracht. Die Gesamtlänge belief sich im Königreich Sachsen auf etwa 17 km und im Großherzogtum Hessen-Darmstadt auf 14 km, hat sich inzwischen jedoch erheblich vermehrt.

Bis zum 31. März 1913 waren in den preußischen Provinzen an Kleinpflasterungen ausgeführt:

Ostpreußen . . . . .	12,118 km
Westpreußen . . . . .	10,440 „
Brandenburg . . . . .	83,347 „
Schlesien . . . . .	47,507 „
Sachsen . . . . .	217,899 „
Hannover (Provinzialstraßen) . . . . .	622,000 „
„ (Kreisstraßen) . . . . .	858,000 „
Westfalen . . . . .	216,562 „
Bezirksverband Rassel (Landstraßen) . . . . .	14,300 „
Bezirksverband Rassel (Landwege) . . . . .	2,196 „
Bezirksverband Wiesbaden . . . . .	55,870 „
Rheinprovinz . . . . .	264,337 „
Schleswig-Holstein . . . . .	71,171 „

Insgesamt 2 475,747 km

Von Pommern und Posen liegen Angaben nicht vor, da diese Provinzen keine oder nur noch einen geringen Teil der Chausseen unterhalten.

Nach den vorliegenden Nachrichten werden bei einzelnen Landesbauämtern in der Provinz Hannover Steinschlagdecken auf Provinzialstraßen nicht mehr erneuert, sondern durch Kleinpflaster ersetzt. In der Provinz Schleswig-Holstein ist im Jahre 1906 zur Vermeidung der ständig wachsenden Unterhaltungskosten der chausseierten

Fahrbahnen ein Betrag von 2,5 Millionen Mark zur Herstellung von Kleinpflaster bewilligt worden, aus dem im Verlaufe von 10 Jahren etwa 100 km Kleinpflasterstraßen hergestellt werden sollen. In der Rheinprovinz wird in den nächsten Jahren wahrscheinlich auf eine bedeutende Erweiterung der Kleinpflasterstraßen gerechnet werden können. In der Provinz Pommern wird zweifellos mit dem Umbau der Steinschlagbahnen in Kleinpflaster flott fortgeföhren werden. Vorgesehen sind in Westpreußen in den nächsten zehn Jahren 49 km, in Sachsen in 15 Jahren 294 km, beim Bezirksverband Wiesbaden noch 120 km, beim Bezirksverband Rassel noch für den Betrag von 500 000 M in drei bis vier Jahren. In Gera sind in den nächsten Jahren weitere Versuche mit Kleinpflaster vorgesehen und auch in Sießen sollen in den folgenden Jahren weitere Kleinpflasterherstellungen erfolgen.

Bei anderen Behörden würde man in weitgehendem Maße zu Kleinpflaster übergehen, wenn es nicht an Mitteln fehlte. So stößt in Rassel die Durchführung von Kleinpflaster wegen der immer noch recht kostspieligen Ausführung auf Schwierigkeiten. Auch in der Provinz Westfalen kann bei den hohen Kosten die Ausführung nur in sehr geringem Maße erfolgen. In Schlesien würde die Anwendung eine noch viel größere sein, wenn man sich nicht wegen der hohen Anlagekosten der Kleinpflasterungen darauf beschränken müßte, in jedem Jahre nur die am stärksten befahrenen Chausseestrecken mit Kleinpflaster zu versehen. Es ergibt sich daraus, daß die Anlage von Kleinpflasterstrecken vielfach nicht aus technischen Gründen, sondern wegen Beschränktheit der verfügbaren Mittel verhindert wird.

## b) Kleinpflaster in Stadtstraßen.

### 1. Großstädte mit mehr als 200 000 Einwohnern.

Rfde Nr.	Stadt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
			Ende 1908 qm	Ende 1912 qm	
1	Bremen	1901	1 800	5 300	3 500
2	Breslau	1900	15 000		
3	Charlottenburg	1893	7 000	1 800	
4	Chemnitz		8 800	21 100	12 300
5	Köln a. Rh.	1902	21 300	25 600	4 300
6	Dortmund	1899	33 500	44 800	11 300
7	Dresden	1891	9 900	53 000	43 100
8	Düsseldorf			29 900	
9	Duisburg	1901		14 500	
10	Essen	1905	41 400	97 500	56 100
11	Frankfurt a. M.	1895	185 700	308 000	122 300
12	Hamburg	1902	12 400	19 300	6 900
13	Hannover	1902	51 600	98 000	46 400
14	Kiel	1905	11 800	24 600	12 800

## Entwicklung des Kleinpflasters

Lfde Nr.	Stadt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
			Ende 1908 qm	Ende 1912 qm	
15	Königsberg	1901	11 500	15 800	4 300
16	Leipzig		2 400	13 900	11 500
17	Magdeburg	1892	73 900	85 200	11 300
18	München		55 000	30 000	475 000
19	Nürnberg	1904	1 400	16 600	15 200
20	Stettin	1905	1 100	18 800	7 700
21	Stuttgart		2 100	12 100	10 000
Zusammen			547 600	1 425 800	854 000

## 2. Großstädte von 100 000 bis 200 000 Einwohnern.

22	Aachen	1899	20 800	22 800	2 000
23	Altona	1902	10 300	16 600	6 300
24	Augsburg		16 300	23 300	7 000
25	Barmen		6 500	6 500	
26	Bochum		63 100	66 100	3 000
27	Braunschweig	1887	200 900	265 000	64 100
28	Kassel	1903	18 200	48 700	30 500
29	Krefeld		10 700	11 400	700
30	Danzig	1898	73 100	100 000	900
31	Erfurt	1898	24 600	58 000	36 900
32	Gelsenkirchen	1896	25 400	54 900	29 500
33	Halle	1904		185 000	
34	Karlruhe		3 000	5 500	2 500
35	Mainz	1904		17 600	
36	Mannheim	1902	1 500	1 500	
37	Posen		7 400	8 000	600
38	Wiesbaden	1896	89 600	86 000	
Zusammen			571 400	976 900	184 000

## 3. Mittelstädte von 50 000 bis 100 000 Einwohnern.

39	Bielefeld		60 200	62 600	2 400
40	Bonn	1900	17 200	31 200	14 000
41	Bromberg	1902	9 900	10 900	1 000
42	Darmstadt		35 100	41 400	6 300
43	Flensburg	1905		8 200	
44	Frankfurt a. O.		1 200	1 800	600

Entwicklung des Kleinpflasters

Lfde Nr.	Stadt	Verlegung seit	Pflasterfläche		Mehr
			Ende 1908 bzw. 1909* qm	Ende 1912 qm	
45	Freiburg i. Br.	1905	22 600	62 000	39 400
46	Fürth	1906	6 000	7 200	1 200
47	Hagen i. W.	1890	14 500	18 000	3 500
48	Herne			27 500	
49	Hildesheim	1900	21 400	47 800	26 400
50	Linden i. H.			4 400	
51	Lübeck	1903	7 400*	33 000	25 600
52	Metz		2 900	3 000	100
53	Mühlheim a. Rh.	1902	6 600	7 100	500
54	Münster i. W.	1896	20 000		
55	Oberhausen Rhld.		6 800	6 800	
56	Offenbach a. M.			9 300	
57	Potsdam	1905	15 600	29 800	14 200
58	Remscheid	1902	7 700	14 700	7 000
59	Solingen		1 300	1 300	
60	Spandau		8 000	8 000	
61	Würzburg		2 500	2 500	
Zusammen			266 900	438 500	142 200

4. Städte unter 50 000 Einwohnern.

Lfde Nr.	Stadt	Verlegung seit	Pflasterfläche Ende 1912 bzw. 1908* qm
62	Delmenhorst	1906	15 700
63	Eisenach	1901	100 200
64	Glauchau	1900	1 760*
65	Guben	1902	2 400
66	Mühlhausen i. Th.	1901	36 000
67	Rheydt	1890	9 400
68	Rostock		89 300*
69	Salzungen	1904	10 000
70	Stralsund	1901	12 700
71	Wandsbet	1903	28 000
72	Wanne	1897	6 200
73	Witten	1898	7 500
Zusammen			317 400

Gruppe 1	=	1 425 800	qm
„	2	=	976 900 qm
„	3	=	438 500 qm
„	4	=	317 400 qm
Insgesamt			3 158 600 qm

entsprechend bei 6 m Straßenbreite einer Straßenlänge von über 500 km.

Das Kleinpflaster erfreut sich in den deutschen Städten einer wachsenden Beliebtheit. Den größten Umfang hat es in München, Frankfurt a. M. und Braunschweig mit 530 000, 308 000 bzw. 265 000 qm genommen.

Von den Städten, welche in neuester Zeit Kleinpflaster in bedeutendem Umfange verwendet haben, ist besonders München hervorzuheben. In Nürnberg beabsichtigt man neuerdings planmäßig mit der Herstellung von Kleinpflaster vorzugehen und in den nächsten 9 Jahren insgesamt 407 000 qm Kleinpflaster zur Ausführung zu bringen.

Man ersieht hieraus, daß das Kleinpflaster im Laufe von wenigen Jahrzehnten in Deutschland sowohl auf den Landstraßen als auch in den Städten eine rasche Verbreitung gefunden hat. Es hat indessen nicht allein in den verschiedenen deutschen Bundesstaaten, sondern auch im Auslande Beachtung und Nachahmung gefunden. Im Jahre 1904 wurde es in Osterreich-Ungarn, später in Dänemark und der Schweiz, neuerdings auch in England, den Vereinigten Staaten und Argentinien eingeführt und soll jetzt auch in Schweden zur Anwendung gelangen. In der Nähe von London ist es auf der Versuchsstrecke Sideup—New Eltham zum Vergleich mit 23 anderen Pflasterarten insbesondere mit bituminösem Makadam, verlegt worden.

Wenn man diese außerordentliche Entwicklung in etwas mehr als einem Vierteljahrhundert betrachtet, unterliegt es keinem Zweifel, daß das Kleinpflaster in der Technik des Straßenbaues eine bedeutende Rolle spielt. In der Tat stellt die Neuerung des Kleinpflasters den bedeutendsten Fortschritt im gesamten Straßenwesen dar, der seit Mac Adam und seit der Einführung der Dampfwalze zu verzeichnen ist.

## 2. Beschaffenheit und Verfertigung der Steine.

### A) Form und Abmessungen.

Bei der Befestigung der Fahrbahnen mit Steinpflaster unterscheidet man Groß-, Mittel- und Kleinpflaster. Die Groß- oder Reihenpflastersteine von meist parallelepipedischer Form haben größere Abmessungen von 200—400 qcm Kopffläche bei etwa 15—18 cm Höhe. Die Mittelpflastersteine haben eine Höhe von durchschnittlich 11 cm, unter Umständen auch von 12—14 cm, erhalten indessen dieselbe Form und Bearbeitung wie die Reihenpflastersteine.

Die Form der Kleinpflastersteine ist im allgemeinen würfelförmig oder möglichst würfelförmig oder auch möglichst parallelepipedisch. In der Praxis finden sich verschiedenartige Formen. So ist in der Provinz Ostpreußen die Kopffläche der aus den Brüchen gelieferten Steine fast ausschließlich viereckig oder rechteckig. In der Provinz Hannover hat man stets mehr oder weniger unregelmäßige Steinformen verwendet. In der Provinz Schlesien sind in den letzten Jahren auch Versuche mit einem Kleinpflaster aus unregelmäßigen Steinen mit vieleckiger Oberfläche gemacht worden. Beim Bezirksverband Wiesbaden, wo ursprünglich drei-, vier- und fünfeckige Form zugelassen war, beschränkt man sich neuerdings nur auf drei- und viereckige Form. In Pirna hat man würfelförmige Steine und auch solche mit vieleckiger Kopffläche verwendet, benutzt neuerdings indessen nur noch solche mit rechteckiger Kopffläche.

Nach Gravenhorst sind Kleinpflastersteine, die annähernd und zweckmäßig so weit wie möglich würfelförmig gestaltet sind, am meisten empfehlenswert. Ein gewisser Anteil von Steinen mit rechteckiger Kopffläche ist jedoch mit Rücksicht auf den Preis zuzulassen. Plattenförmige Steine sind von der Verwendung auszuschließen. Nach Voiges können die Kopf- und Fußfläche der Steine 3-, 4- und 5 eckig sein. Vielfach werden Steine mit dreieckiger Kopffläche nur zu einem gewissen Anteil (bis etwa 5 Proz.) zugelassen.

Die Anforderungen in bezug auf die Größe der Kopffläche sind in der Praxis verschieden. Während bei den Landstraßen in Verden eine Größe von etwa 50 qcm für ausreichend erachtet wird, fordert man in Grabow im Mittel 64 qcm und in Frankenhäusen bei starkem Verkehr 70 qcm Kopffläche. In Heide sind 50 bis 70 qcm vorgeschrieben. In Güstrow hat man zuerst Steine von 45—55 qcm und später solche von 60—80 qcm Kopffläche verwendet. Bei der Landesverwaltung in Wiesbaden hat man bei den ersten Ausführungen Steine von 30—70 qcm, neuerdings mit Rücksicht auf den starken und schweren Verkehr solche von 50—100 qcm Kopffläche genommen. In Kreuznach werden 60—100 qcm verlangt. Die Landesverwaltung in Leipzig, welche sich ursprünglich mit 50 qcm begnügte, ist später auf 70—100 qcm und neuerdings auf 64—120 qcm übergegangen. In Stendal fordert man 70—130 qcm Kopffläche.

Bei den städtischen Straßen wurden in Charlottenburg Steine von 30—50 qcm, in Wiesbaden werden solche von 40—60 qcm, in Stralsund solche von 50—80 qcm und in Freiburg i. Br. solche von 60—80 qcm Kopffläche als genügend erachtet. In Magdeburg hat man bei Plötker Material eine Größe von 70—80 qcm genommen. Flensburg und Mühlhausen i. Th. haben 64 als Mindest- und 100 qcm als Höchstmaß. Essen läßt 60—100 und Frankfurt a. M. 60—120 qcm Kopffläche zu. In Annaberg werden die größeren Steinformate bevorzugt.

Nach Voiges darf die Größe der Kopffläche nicht unter 45 und nicht über 80 qcm sein. Im allgemeinen schwankt sie bei den verschiedenen Formaten zwischen 50 und 100 qcm.

Die an die Größe der Steine gestellten Anforderungen kommen auch in den Seitenlängen der Kopffläche zum Ausdruck. Während man bei dem Landesbauamt in Celle sich mit 4—7 cm begnügt, fordert man in Annaberg 6—9

und in Schwerin  $8 \times 8$  cm. In Danzig werden bei Findlingen 6—9 cm, bei gewöhnlichen Granitsteinen 9—10 cm für erforderlich erachtet, in Mohrungen bei Findlingen 10—12 cm genommen.

Nach den Vorschriften des Bezirksverbandes Wiesbaden soll das kleinste Quermaß bei vier- und mehrseitigen Köpfen nicht unter 6 cm und das größte nicht über 10 cm betragen. Bei dreieckigen Köpfen soll keine Seite des Dreiecks unter 7 und über 9 cm haben.

In Gera sollen die Kleinpflastersteine eine Länge von 7—11 cm und eine Breite von 7—9 cm aufweisen. Die Landesverwaltungen in Dresden und Zittau, welche sich früher mit 7—11 bzw. 8—10 cm Seitenlänge begnügten, verlangen jetzt wie auch Bauzen eine solche von 8—12 cm. In Plauen hat man bei Quarzit-Kalksteinen wegen der geringen Spaltfähigkeit des Gesteins Seitenlängen von 16 cm ausnahmsweise zugelassen.

Ähnliche Unterschiede liegen auch bei den Anforderungen der Stadtverwaltungen vor. In Duisburg und Aachen verlangt man als kleinstes Quermaß 5 cm, als größtes 8 bzw. 9 cm. Mainz fordert 6—8 cm, Wandsbek 6—9 cm, Rheydt 8 cm, Mannheim und Kassel verlangen 7—9 cm. In Potsdam müssen die Seiten 6—10 cm lang und breit, in Nürnberg 8—10 cm lang und 7—9 cm breit sein, in Fürth durchschnittlich  $10 \times 10$  cm, in Remscheid 9—11 cm, Breslau 10—11 cm Seitenlänge aufweisen. In Hildesheim und Glauchau, wo man früher 6—8 bzw. 7—10 cm forderte, ist man später auf 8—10 bzw. 8—12 cm Seitenlänge übergegangen. In Magdeburg hat man bei dem Dolithenkalkreihenpflaster Steine von 9—10 cm Breite und 12—18 cm Länge genommen.

Im allgemeinen ist man sowohl bei den Landstraßen als auch bei den städtischen Straßen immer mehr von geringeren zu größeren Abmessungen in der Kopffläche übergegangen. Man findet auch als Regel angegeben, daß die Länge der Seitenflächen die Höhe der Steine nicht überschreiten soll.

Sachliche Erwägungen ergeben, daß ein Kleinpflaster aus kleinen Steinen in gewisser Hinsicht verschiedene Vorteile bietet. Je kleiner die Kopfflächen sind, desto ebener wird die Oberfläche der Steinbahn, desto weniger Geräusch verursachen die Fuhrwerke und desto angenehmer befährt sich das Pflaster. Aus kleineren Steinen entsteht auch ein fugenreicheres Pflaster, das den Pferden einen größeren Halt gewährt und schneller trocken wird. Es kommt hinzu, daß auch bei mangelhafter Bearbeitung aus kleineren Steinen eine hinreichend ebene Fahrbahn hergestellt werden kann. Wenn man die Vorteile der Bauweise möglichst voll ausnutzen und den Preis des Pflasters verringern will, müssen die Abmessungen der Steine so klein als möglich gewählt werden. Nach Anschauung von Gravenhorst kann man in Städten bei Wohnstraßen schon mit Steinen von höchstens 6 cm, auf Landstraßen mit leichtem Verkehr mit solchen von 6—8 cm Seite auskommen.

Da ein Pflaster aus kleinen Steinen sich angenehmer, leichter und geräuschloser befährt, sollte man nach Gravenhorst nicht ohne triftige Gründe größere Steine bevorzugen. Andererseits ist zu berücksichtigen, daß die Größe der Steine auch der Größe und Schwere des Verkehrs entsprechen muß. Die Steine müssen groß genug bleiben, um sowohl den Schlägen der Pflasterramme als auch den An-

griffen des Verkehrs genügend Widerstand leisten zu können. Kleine Steine setzen allgemein den vorhandenen Belastungsverhältnissen keinen genügenden Widerstand entgegen. Bei nicht sehr widerstandsfähigen Steinarten muß man, wenn besseres Steinmaterial nicht zu haben ist, die Abmessungen der Steine soweit vergrößern, daß sie die stärksten auf der fraglichen Strecke vorkommenden Raddrücke vertragen können.

Auch die Rücksicht auf die Eigenschaften, insbesondere die Druckfestigkeit des Gesteinsmaterials ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Während bei einem vollständig eben spaltenden Material die Größe der Kopfflächen für die Gestaltung der Oberfläche belanglos ist, muß man in anderen Fällen, wenn eine Fahrbahn von gewisser Ebenheit hergestellt werden soll, die Steine der Vergrößerung der Kopfflächen entsprechend um so sorgfältiger bearbeiten und umso größere Bearbeitungskosten aufwenden. Wenn bei festem und sprödem Material wie z. B. Basalt die Abmessungen der Kopfflächen zu klein sind, bieten die vielen Fugen größere Gelegenheit zur Beschädigung der Kanten. Dies führt zur Zerstörung einzelner Steine und schließlich der ganzen Fahrbahn, auch tritt eine erhebliche Geräuschbildung ein. Bei ausreichender Größe der Steine hört das Abstoßen der Kanten auf, sobald die Kopffläche, ähnlich wie bei alten Großpflastersteinen, eine rundliche Form angenommen hat.

Gravenhorst hält bei lebhafterem Verkehr Seitenlängen von 7–9 cm für zweckmäßig. Bei Würfelform sollte man den Steinen nicht über 9–10 cm Seitenlänge geben. Nach Voiges findet das Steinformat seine Grenzen zwischen 7 und 12 cm, das Steinformat muß um so größer sein, desto schwerer der Verkehr ist.

In bezug auf die Höhe der Steine wird im allgemeinen ein gewisser Spielraum gelassen, da die Herstellung von gleichmäßig hohen Steinen in den Brüchen Schwierigkeiten bereitet und der Bezug von derartigen Steinen zu einer Verteuerung führt. Der Spielraum ist allgemein auf 2 cm bemessen. Beim Bezirksverband Wiesbaden wurde er neuerdings auf 1 cm beschränkt.

Bei den ersten Versuchen auf Landstraßen hat man mit geringen Höhen und zwar in Stade mit 4–6, in der Rheinprovinz mit 5–6, in Schwerin mit 6 cm und in Königsberg, Grabow und Güstrow mit 6–8 cm begonnen. Man ist später in Stade und Grabow zu 7–9 cm Höhe übergegangen und wendet eine solche in Osnabrück und Verden ohne Unterschied des Verkehrs an. In Münster hat man anfangs Steine von 6–8 cm Höhe, seit Jahren indessen solche von 7–9 cm Höhe verwendet. In Zittau haben die nur 7–8 cm hohen Kleinpflastersteine bei schwerem Verkehr sich nicht bewährt und mußte eine mit derartig niedrigen Steinen gepflasterte schwer belastete Strecke nach 13 Jahren vollständig erneuert werden. Nach den in Gnesen gemachten Erfahrungen sind Steine von 7–9 cm Höhe auch für schweren Verkehr geeignet und vorzuziehen. Ebenso verwendet man in Soest Steine von 7–9 cm Höhe und in Lübeck solche von 8 cm Höhe.

Bei anderen Landesbauverwaltungen wie Schwerin mit ursprünglich 6 cm hohen, Königsberg mit 6–8 cm hohen, Parchim mit 7–8 cm, Rostock mit 8 cm, Brandenburg, Dieh, Lingen, Bensheim, Offenbach mit 7–9 cm hohen Steinen ist man später auf 8–10 cm Höhe übergegangen. In Waren bewährten sich die 8–10 cm hohen Steine besser wie die anfänglich verwendeten Steine von 6–8 cm Höhe. In Idstein hat man mit Steinen von geringerer Höhe nicht die besten Erfahrungen

gemacht und verwendet in neuerer Zeit Steine bis zu 10 cm Höhe. Von Summersbach wird hervorgehoben, daß Steine von 7—9 cm Höhe sich aus den Steinabfällen zwar leichter und billiger herstellen lassen, indessen Steine von 8—10 cm Höhe bei schwerem Verkehr vorzuziehen sind. Die Höhe von 8—10 cm ist bei 22 Landesbauverwaltungen durchgeführt und kann somit als die vorwiegend übliche bezeichnet werden. Weitere Behörden wie Gnesen und Stendal verwenden Steine von 8—11 cm Höhe. In Leipzig ist man von 7—8 cm später auf 9,5—10,5 und schließlich auf 9—11 cm übergegangen. In Dresden, Zittau und Bautzen wurde anstelle von 8—10 cm das Maß von 9—11 cm gewählt. Speyer ging von 7—8 auf 10—11 cm über. In Krotoschin findet sich das Maß von 9—11 und in Gleiwitz das Höchstmaß von 10—12 cm. Bernburg verwendet Reihenpflastersteine von 10—12 cm Höhe bei 9—10 cm Breite und 12—18 cm Länge.

Bei den städtischen Straßen sind Kleinpflastersteine von geringerer Höhe in weit geringerem Umfang als Durchschnittsmaß zur Anwendung gelangt. Abgesehen von Witten und Charlottenburg, wo Steine von 6—8 cm bzw. von 7—8 cm Höhe bei leichtem Verkehr benutzt wurden, hat man nur in Aachen, Mühlheim a. Rh. und Hagen eine Höhe von 7—9 und in Selsenkirchen von 8—9 cm vorgeesehen. In Münster ist man von 6—7 auf 7—9 und schließlich auf 8—10 cm übergegangen. In der überwiegenden Mehrzahl der Städte ist die Höhe von 8—10 cm die übliche. In Braunschweig ist man von 7—9 auf 8—11 cm übergegangen, auch Erfurt verwendet Steine von 9—11 cm. Noch größere Maße finden sich in Remscheid, Bromberg und Lübeck, wo die unterste Grenze mit 8—9 und 10 cm, die oberste mit 12 cm besteht. Auch in Glauchau ist man von 10 cm auf 10—12 cm übergegangen und in Altona läßt man einen Spielraum von 8—13 cm zu.

Bei einzelnen Verwaltungen ist es üblich, je nach Art des Verkehrs oder des Steinmaterials eine verschiedenartige Höhe der Steine vorzusehen. In Idstein verwendet man Steine von 7—8 cm bei leichtem Verkehr, von 8—9 cm Höhe bei schwerem Verkehr. In Waldeck nimmt man Steine von 7—9 cm Höhe für leichteren Seitenverkehr, diejenigen für stärkeren Verkehr in die Straßenmitte. Bei den Landesbauverwaltungen von Köln und Wiesbaden wird die Höhe der Steine bei leichtem Verkehr von 7—9 cm und bei schwerem Verkehr von 8—10 cm genommen. In der Stadt Bonn wählt man bei leichtem Verkehr Steine von 6—7 cm, bei schwerem von 7—9 cm, in Delmenhorst, Rhendt und Wandsbek bei leichtem solche von 7—9 cm und bei schwerem Verkehr von 8—10 cm Höhe. In Eisenach und München benutzt man Steine von 8—9 cm in Straßen mit leichtem, solche von 9—10 cm in Straßen mit schwerem Verkehr. In Guben und Danzig nimmt man in Straßen ersterer Art Steine von 8—10 cm, von letzterer Art solche von 10—12 bzw. 11—13 cm Höhe.

Unterschiede in der Höhe bei Verwendung verschiedener Gesteinsmaterialien finden sich bei Landesbauämtern in nachstehender Weise:

Nienburg	Basalt	7—9 cm	Kohlensandstein und Hoch-	
			ofenschlacke	8—10 cm
Summersbach	Basalt	7—9 cm	Grauwacke	8—10 cm
Straßburg	Grauwacke	7—10 cm	Granit	8—10 cm

Danzig	Granit	8—10 cm	Findlinge	8,5—10 cm
Mohrungen	Granit	8—10 cm	Findlinge	10—12 cm
Helmstedt	Basalt	8—10 cm	Gabbro	9—12 cm

Melaphyr, Diabas, Kiesel, Quarzit, Porphyr 8—11 cm

Von städtischen Verwaltungen wählen Essen und Dortmund bei Grauwacke 7—9 cm, bei Basalt unter schwerem Verkehr 8—10 cm Höhe.

Für die Verwendung von Steinen mit geringen Höhenmessungen spricht der Umstand, daß bei einer niedrigen Höhe eine geringere Menge des verarbeiteten Rohmaterials erforderlich, die Eisenbahnverfrachtung günstiger ausnutzbar und damit die Herstellung billiger wird. Auf Grund der Erfahrungen der ersten, im Jahre 1885 mit 4—6 cm hohen Steinen hergestellten Strecke, kommt Gravenhorst zu der Überzeugung, daß man bei einem Verkehr von 100 Zugtieren mit Kleinsteinen von fester Gesteinsart jedenfalls mit einer Höhe von 5—7 cm auskommen kann. Da die Abnutzung in Straßen mit schwächerem Verkehr sehr gering ist, ist die Verwendung zu hoher Steine untunlich. In Straßen mit lebhafterem Verkehr ist eine Höhe der Steine von 7—9 cm zweckmäßig. Im übrigen kommt nach Gravenhorst bei der Bemessung der Höhe weiter in betracht, daß die Größe der Abnutzung auf die Lebensdauer des Pflasters von Einfluß ist und mit zunehmender Höhe auch die Dauer des Pflasters verlängert wird. Auf Grund von wirtschaftlichen Erwägungen (Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau, Jahrgang 1913 Nr. 14) kommt er bei einem Vergleich zwischen Steinen von 8 und 12 cm Höhe zu dem Schluß, daß die Höhe der Steine der Verkehrsgröße entsprechen muß. Der Abnutzungshöhe sind indessen insofern gewisse Grenzen gezogen, als eine, für den Wasserabfluß ausreichende Wölbung sowie eine gewisse Steinhöhe immer vorhanden sein muß, und die Kosten der Steine gewisse Grenzen nicht überschreiten dürfen. Man kann diesen Erwägungen nur beipflichten.

Auf Straßen mit starkem und schwerem Verkehr sind höhere Steine zu verwenden als auf schwach befahrenen, weil sie häufigeren und stärkeren Angriffen ausgesetzt und demgemäß mehr abgenutzt werden. Ist man zu großer Sparsamkeit gezwungen, so kann man auch bei Hauptstraßen, wenn sie eine größere Breite besitzen, die Seitenteile mit Steinen von geringerer Höhe pflastern, weil sie gewöhnlich weniger befahren werden als der mittlere Teil der Fahrbahn.

Die Höhenabmessungen der Kleinsteine hängen neben der Größe des Verkehrs auch von der Druckfestigkeit und Abschleifbarkeit des Gesteinsmaterials ab. Pflastersteine aus festem, hartem und zähen Gestein wie z. B. aus Granit und Basalt setzen dem Raddruck einen größeren Widerstand entgegen als solche aus weniger druckfestem, weichem und sprödem Gestein wie Sand- und Kalkstein. Sie können deshalb auch geringere Höhen erhalten als diese.

Wenn es auch vom theoretischen Standpunkt aus keinem Zweifel unterliegt, daß die Abmessungen der Steine für verschiedene Verkehrsverhältnisse und verschiedene Gesteinsarten verschieden sein müssen, können doch die Grenzen dieser Abmessungen nur durch praktische Erfahrungen festgelegt werden. Für die Provinz Hannover hat sich ergeben, daß bei festem Steinmaterial die Größe der tunlichst würfelförmigen Steine zweckmäßig zu 7—9 cm zu wählen ist. In der Rheinprovinz hat sich nach

längeren Versuchen als günstigste Höhe der Steine eine solche von 8—10 cm herausgestellt, weil erst hierbei dem Raddruck schwerster Fuhrwerke der genügende Widerstand geboten wird. Nach Voiges soll die Höhe der Steine 8—10 cm betragen.

## B) Gesteinsarten.

Für die Herstellung von Kleinpflastersteinen sind bei den verschiedenen Verwaltungen zunächst meistens solche Gesteinsarten in betracht gezogen worden, welche in den betreffenden Gegenden oder deren Nähe vorkommen und leicht zu beschaffen waren. Im Laufe der Jahre hat man gefunden, daß als Materialien für Kleinpflaster nur die besten und zähesten Gesteine und solche von gleichmäßiger und bester Beschaffenheit und guter Spaltfähigkeit zu gebrauchen sind. Mit der Zunahme des Verkehrs wurden an die Festigkeit der Steine höhere Ansprüche gestellt, und sind diese insbesondere nach Einführung von Lastkraftwagen mit eisenbereiften Anhängern immer höher geworden. Demgemäß werden für leichteren und mittelstarken Verkehr meistens Weichgesteine und für schwereren Verkehr Hartgesteine benutzt. Neben dem Verkehr ist auch auf die Steigung der Straßen Rücksicht zu nehmen, und ist auch hier die Unterscheidung zwischen Weich- und Hartgesteinen maßgebend.

### a. Weichgesteine für leichteren Verkehr.

#### 1. Findlinge oder nordische Geschiebe.

Nach den vorliegenden Auskünften haben die sich in der norddeutschen Tiefebene vorfindenden Findlinge hauptsächlich in einzelnen Provinzen Preußens wie Ost- und Westpreußen, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Hannover sowie in Mecklenburg und Braunschweig bei den Landesverwaltungen Verwendung gefunden. Die Verbreitung erstreckt sich auf die Landesbauämter von Mohrungen, Danzig, Stade, Celle, Verden, Lingen, Neu Ruppin, Schwerin, Güstrow, Waren, Grabow, Parchim, Rostock, Helmstedt, Flensburg und Heide.

In den nördlichen Küstengegenden ist nordisches Geschiebe viel verwendet worden, weil es in der Gegend vorhanden und billig zu erlangen war. So wurden in der Provinz Hannover in ziemlich großen Mengen nordische Geschiebe verwendet, weil sie aus dem Aufbruch alter Großpflasterstraßen gewonnen wurden — also bereits im Besitze der Bauverwaltung waren — oder wo sie billig beschafft werden konnten. Bei dem Landesbauamt Danzig hat sich Findlingspflaster viele Jahre ohne nennenswerte Unebenheiten gehalten. Im allgemeinen hat man indessen gefunden, daß das Findlingsmaterial von verschiedener Härte und ungleichmäßiger Beschaffenheit war. Die verschiedene Festigkeit der Findlinge bildet einen großen Nachteil für die Güte des Pflasters. Die Findlinge nutzen sich zu ungleich ab und zeigen große Unebenheiten. In Grabow war das Kleinpflaster aus Findlingen dauernd reparaturbedürftig, nachdem es etwa 10 Jahre gelegen hatte. In der Provinz Schleswig-Holstein haben Kleinpflastersteine, aus dortigen Findlingen hergestellt, vollkommen versagt. In Danzig ist man der Meinung, daß Findlinge nicht mehr Verwendung finden sollten. In Neu Ruppin hat man die Erfahrung gemacht, daß die Verwendung

von märktischem Granit bei starkem Lastfuhrverkehr sich infolge seiner ungleichmäßigen Beschaffenheit nicht empfiehlt. In der Provinz Brandenburg wurde er infolge seiner ungleichmäßigen Härte aufgegeben. In Verden hat man früher bei schwachem Verkehr Findlinge verwendet. Nach den Erfahrungen in Celle ist das Rieselfteinsteinpflaster bei etwas schwerem Verkehr nicht so haltbar wie das aus Schlackensteinen hergestellte. In Hannover wird zugegeben, daß das aus Findlingen hergestellte Pflaster wegen der ungleichen Festigkeit der einzelnen Steine geringwertig und nicht sehr dauerhaft ist, indessen hält es lange genug, um wirtschaftlich vorteilhafter zu sein als die Verwendung von Steinschlag.

Im übrigen haben in der Provinz Hannover die Kleinpflasterbahnen aus schlechteren Steinen wie aus nordischen Geschieben unter der Wirkung der schweren Kraftfahrzeuge eine vermehrte Abnutzung gezeigt. Während die nicht sehr regelmäßig geformten 7 bis 9 cm großen Kleinpflastersteine den Anforderungen des früheren leichteren Verkehrs völlig genügten, wurden sie durch die Kraftfahrzeuge bald losgerüttelt. Dabei werden die am wenigsten festen Stücke durch den Druck der Felgen beschädigt und bald ganz zermalmt. Es bilden sich kleine Schlaglöcher, welche bald an Umfang und Zahl so zunehmen, daß zu einer Erneuerung des Kleinpflasters geschritten werden muß.

Es ist geboten, die Steine nur aus einem gleichmäßigen Steinmaterial herzustellen. Bei dem nordischen Geschiebe sind alle verwitterten, mürben und zu grobkörnigen Steine auszuschneiden oder solche zu nehmen, die mehr quarziger Natur sind. Beim Landesbauamt Königsberg ist ein Versuch mit Kleinsteinen aus ausgewählten, besten und gleichartigen Findlingen geglückt. Kleinsteinen aus Bruchsteinen sind trotzdem vorzuziehen, da sie nicht nur im Material, sondern auch in der Form gleichmäßiger sind. Da außerdem die nordischen Geschiebe in vielen Gegenden nicht mehr zu haben sind und selbst wenn sie beschafft werden können, nicht mehr den Anforderungen der neuesten Zeit entsprechen, kommt man infolgedessen meistens auf ausländisches Material und zwar nordischen Granit zurück. Auch in der Provinz Hannover wird nordisches Geschiebe nur noch auf solchen Straßen benutzt, wo das Material aus dem Aufbruch abgängiger, neuzubauender Geschiebepflasterstreifen gewonnen wird.

## 2. Kohlen sandsteine.

In der Provinz Hannover hat von weicheren Materialien der billige Kohlen sandstein bei mehreren Verwaltungen Verwendung gefunden, welcher vom Piesberg bei Osnabrück stammt. Man hat von dem Material in Osnabrück, Lingen, Nienburg, Münster und auch in der Stadt Delmenhorst Gebrauch gemacht. Das Gestein wird für nicht zu großen Verkehr in Abmessungen bis zu 10 cm empfohlen, erscheint aber nur in seinen festeren und härteren Lagen zur Anfertigung von Kleinpflastersteinen geeignet.

Reupersandstein hat sich beim Landesbauamt in Hannover nicht bewährt. In Verden sind früher bei schwachem Verkehr 7 km Straßen mit diesem Material, vorzugsweise von der Hämelschen Burg verlegt worden.

Ein größeres Absatzgebiet hat der Plötkyer Grauwackensandstein oder Kulfmsandstein aus der Nähe von Gommern bei Magdeburg gefunden. In Bernburg liegen 40 km Kleinpflasterstraßen von diesem Material, auch Dessau hat davon Gebrauch gemacht. Es wurde in der Provinz Hannover bei den Landesbauämtern in Celle und Stade, in geringen Mengen auch in Stendal und der Provinz Brandenburg (Neu Ruppin), außerdem in Schwerin, Grabow und Parchim, versuchsweise auch in Helmstädt verwendet. Von Stadtverwaltungen haben Stettin, Altona, Potsdam, Magdeburg, Guben, Braunschweig und früher auch Wandsbek davon Gebrauch gemacht.

In Mecklenburg und in der Provinz Hannover haben sich die Plötkyer Steine gut bewährt. In Magdeburg wurden sie als hart und gut befunden und ausschließlich zu den Fahrbahnen verwendet. Im allgemeinen sind recht gute Erfahrungen mit dem Material gemacht worden.

### 3. Porphyr und Melaphyr.

Porphyr und Melaphyr aus den Brüchen im Königreich Sachsen sind zu Kleinpflasterungen benutzt worden in der Provinz Brandenburg, bei den Landesbauämtern in Neu-Ruppin, Stendal, Helmstedt, Dessau, Bernburg, Glauchau, Guben, Krotoschin, Erfurt, Mühlhausen i. Thür., Sera, Meißen, Annaberg und Plauen sowie bei den Stadtbauämtern in Potsdam und Braunschweig. Das Material hat sich in Neu-Ruppin, Stendal, Bernburg und Potsdam gut gehalten.

Pyroxenquarzporphyr und Quarzporphyr aus den im Nordwesten von Sachsen gelegenen Brüchen ist bei den Landesbauverwaltungen in Leipzig, Dresden und Helmstedt und bei den Stadtbauverwaltungen in Stettin und Dresden verwendet worden. In Leipzig hat er in Straßen mit leichtem und mittelschwerem Verkehr Anwendung gefunden. In Dresden hat sich Quarzporphyr aus bestimmten Brüchen nicht bewährt.

Porphyr aus dem Schwarzwald ist in Freiburg i. Br. in geringem Umfange mit gutem Erfolge auch da verwendet worden, wo schwere Lasten darübergehen.

Melaphyr aus der Pfalz hat sich in Mainz bei einer Probestrecke nicht bewährt und sich in Kreuznach nur für leichten und mittelstarken Verkehr als geeignet erwiesen. Bei schwerem Verkehr traten infolge der Sprödigkeit des Gesteins Zersplitterungen ein. Auch in Frankfurt a. M. hat man ungünstige Erfahrungen damit gemacht.

Einige Porphyrarten sind sehr hart und demgemäß schwerer zu Pflastersteinen zu verarbeiten, andere lassen sich ziemlich leicht spalten. Melaphyr besitzt, wenn nicht angewittert, eine genügend große Druckfestigkeit und Härte und läßt sich ziemlich leicht spalten, ist aber nur für mäßigen Verkehr geeignet.

### 4. Grauwacke.

Im Westen von Mitteldeutschland erfreut sich die Grauwacke aus dem oberbergischen Lande von Wiehl, Kreis Summersbach im Rheinland, großer Belieb-

heit und ist vielfach zur Herstellung von Kleinpflaster benutzt worden. Das Verwendungsgebiet erstreckt sich bei Landstraßen auf die Landesbauämter in Lingen, Münster, Soest, Summersbach, Diez, Waldeck und Kreuznach. Von den Städten haben Münster, Rheydt, Dortmund, Gelsenkirchen, Duisburg, Essen, Remscheid, Solingen, Hagen, Wanne, Witten und Wiesbaden davon Gebrauch gemacht. Aachen hat ebenfalls deutsche Grauwacke und Straßburg in den ersten Jahren solche aus den Vogesen verwendet.

In Remscheid wird Grauwacke dem Basalt vorgezogen, da Pflaster aus letzterem sehr schnell glatt wird. In Gelsenkirchen hat man die Verwendung auf Straßen mit ganz leichtem Verkehr beschränkt. In Soest, Münster, Hagen und Straßburg hat sich Grauwackenpflaster bei schwerem Verkehr nicht bewährt. Im allgemeinen genügt die Grauwacke in Straßen mit mittlerem Verkehr, und wird unter solchen Verhältnissen das Grauwacken-Kleinpflaster in Osnabrück, Summersbach, Remscheid und Rheydt gelobt. In Diez und Wiesbaden wird es wegen seiner Rauigkeit zur Anwendung auf ansteigenden Straßen empfohlen.

Die Grauwacke besitzt namentlich bei kiesigem Bindemittel eine große Druckfestigkeit und Härte. Kleinsteine aus Grauwacke von gleichmäßiger Beschaffenheit liefern ein ebenes Pflaster. Steine von ungleichmäßigem Gefüge spalten leicht und sogenannte „Schichtlinge“ beeinträchtigen die Haltbarkeit des Pflasters sehr. Nach den Erfahrungen in der Rheinprovinz ist für die Güte der aus Grauwacke hergestellten Pflasterungen Voraussetzung, daß das Material aus den härtesten Lagen der Brüche entstammt. Die nicht sehr harte Grauwacke ist für Kleinpflaster weniger zu empfehlen.

## 5. Sonstige Weichgesteine.

In Nürnberg hat sich *Wendelsteiner Quarzit* (quarzreicher Sandstein) rasch abgenutzt und sehr bald Ausbesserungen erfordert. *Dolerit* hat in geringer Menge in Essen Verwendung gefunden. *Diorit* von *Selbitz* bei Hof in Bayern hat sich in Plauen mit am besten bewährt. *Diabas* aus verschiedenen Brüchen ist in Bauken, Mühlhausen, vorwiegend aber aus Harzter Brüchen in Braunschweig und Helmstedt zur Anwendung gelangt. *Diabas* ist wegen seiner Zähigkeit schwer zu bearbeiten, besitzt aber eine ziemlich große Haltbarkeit, wenn er aus gefundenen Brüchen stammt.

Diese Weichgesteine sind nicht so fest wie die Hartgesteine und weisen im Vergleich zu diesen eine größere Abschleiffähigkeit auf. Da ihre Kopfflächen sich allmählich gleichförmig abnutzen, geben sie ein sehr ebenes Pflaster. Sie behalten ferner unter der Einwirkung des Straßenverkehrs ihre Rauigkeit und werden nicht glatt, so daß sie insolgedessen für stärker ansteigende Straßen geeignet sind.

## b. Hartgesteine für stärkeren Verkehr.

### 6. Gabbro vom Harz.

Gabbro aus den herzoglichen Steinbrüchen von Harzburg hat bei den Landstraßen in Helmstedt in einem Umfange von 205 000 qm und in der Stadt Braun-

schweig in einer Länge von 5,7 km Verwendung gefunden. Gabbro hat sich dort als das dauerhafteste Material erwiesen und wird, da ein Preisunterschied mit dem Basalt in Zukunft nicht mehr besteht, so weit wie möglich verwendet werden.

### 7. Grünsteine aus Sachsen.

Grünstein aus der sächsischen Lausitz hat im Königreich Sachsen, und zwar in Dresden, Leipzig, Zittau, Pirna, Plauen und Meissen zu Kleinpflaster Verwendung gefunden. In Leipzig wird bester Grünstein bei schwerstem Verkehr, namentlich von Lastkraftwagen, bevorzugt. In Zittau hat sich bis jetzt Grünstein am besten und in Plauen mit am besten bewährt. In Braunschweig dagegen ist infolge geringer Widerstandsfähigkeit der dort verwendeten Grünsteinart eine erhöhte Abnutzung eingetreten, und ist in unbedeutendem Umfange eine Umlegung erforderlich geworden. Nach Ansicht von Dresden läßt sich Grünstein nicht so gut wie Granit verarbeiten und eignet sich insolgedessen mehr für Kleinpflaster in Zementmörtel auf Betonunterlage. Grünstein hat auch versuchsweise in München Anwendung gefunden.

### 8. Granit.

Die Verwendung von Granit erstreckt sich auf die verschiedensten Gegenden und kommt dabei in den Küstenländern der Nord- und Ostsee nordischer Granit, im übrigen lediglich deutscher Granit in Betracht.

#### α) Nordischer Granit.

Der nordische Granit stammt vorwiegend von der Süd- und West-Küste Schwedens, in zweiter Linie kommt dänischer Granit von der Insel Bornholm und in beschränktem Umfange auch norwegischer Granit in Frage. Von Schweden haben bezogen die Landesbauverwaltungen in Königsberg, Mohrungen, Insterburg, Schwerin, Flensburg und Lübeck, die Stadtverwaltungen in Königsberg, Danzig, Stralsund, Stettin, Lübeck, Altona, Wandsbek und Flensburg. Dänischer Granit wurde bei den Landesbauverwaltungen in Königsberg, Flensburg, Heide, Danzig und Lübeck sowie bei den Stadtverwaltungen in Königsberg, Danzig, Lübeck, Stralsund und Flensburg in Anspruch genommen. Norwegischer Granit wurde in den Städten Danzig und Wandsbek zu Kleinpflasterungen verwendet. Im allgemeinen finden in der Provinz Ostpreußen zu Kleinpflasterungen gegenwärtig nur Steine aus schwedischen und dänischen Granitbrüchen Verwendung. In der Provinz Schleswig-Holstein hat schwedischer und deutscher Granit Verwendung gefunden. Im übrigen ist Granit und insbesondere nordischer Granit in England das für Kleinpflaster übliche Steinmaterial.

#### β) Einheimischer Granit.

Granit vom Harz ist zu Kleinpflaster nur in geringem Maße und zwar in Wiesbaden verarbeitet worden.

Von dem in Schlesien vorhandenen Steinmaterial eignete sich am besten der feinkörnige Granit aus den Brüchen von Strehlen, Strobel, Kalthaus,

Gorkau, Striegau. Von den angeführten Verwaltungen ist schlesischer Granit in Glauchau, Guben, Rosten und Krotoschin sowie bei den Stadtverwaltungen in Breslau, Bromberg, Potsdam zur Anwendung gekommen.

Lausitzer Granit aus Sachsen ist im Königreich Sachsen ein viel verwendetes und geschätztes Material. Dasselbe ist bei den Landesbauverwaltungen in Dresden, Zittau, Pirna, Baugen, Glauchau, Meißen, Gera, Annaberg und Schwarzenberg und außerdem in der Stadt Dresden im Umfange von 45 000 qm zur Ausführung gelangt. Roter Granit aus der Meißener Umgebung hat in Meißen mit 14 400 qm und in Dresden mit 5000 qm Anwendung gefunden. In Dresden und Meißen wurde außerdem Syenit aus verschiedenen Brüchen, in Plauen feinkörniger Granit aus dem Erzgebirge und Voigtlande verwendet. Syenit hat sich in Meißen gut bewährt. In der Stadt Dresden wird Granit bevorzugt.

Granit aus dem bayrischen Wald von Passau und Vilshofen wurde in Fürth, Nürnberg und München benutzt. In Fürth hat sich bei dem mit Zementfugendichtung hergestellten und sehr starken Fuhrwerksverkehr ausgefetztem Pflaster herausgestellt, daß die Abrundung der Pflasterköpfe, insbesondere des Passauer Materials, verhältnismäßig groß ist. In Fürth ist in einer Straße mit sehr starkem Fuhrwerksverkehr bei einem mit Zementfugendichtung hergestellten Pflaster, besonders bei dem Passauer Material, eine verhältnismäßig große Abrundung der Pflasterköpfe eingetreten. In München haben sich die auf den Granit gesetzten Hoffnungen nicht ganz erfüllt, weshalb nur versuchsweise in verhältnismäßig kleinen Flächen davon Gebrauch gemacht und später fast ausschließlich zu Basalt übergegangen wurde.

Von Granit aus dem südlichen Schwarzwald (Randern) hat man in Freiburg i. Br., Straßburg und Wiesbaden, von solchem aus den Vogesen in Straßburg Gebrauch gemacht.

Nach allgemeinen Erfahrungen verdienen von den Hartgesteinen solche mit nicht zu feinkörnigem Gefüge den Vorzug, weil sie durch den Verkehr nicht glatt und schlüpfrig werden. Guter Granit gibt dem Basalt wenig nach. Er besitzt zwar eine etwas geringere Druckfestigkeit und ist etwas schwerer spaltbar. Dafür wird er auch unter der Verkehrseinwirkung nicht so glatt wie Hartbasalt und kann auch auf Straßen mit größeren Steigungen unbedenklich verwendet werden. Wegen dieser Eigenschaft wird das Granitkleinpflaster in vielen Fällen für besser als die härtesten Steinbahnarten gehalten und wegen seiner meist gleichmäßigen Festigkeit und Härte von manchen Baubehörden den anderen Gesteinsarten vorgezogen. Granitkleinpflastersteine sind in vielen Städten mit gutem Erfolge verwendet worden und haben sich im allgemeinen selbst bei einem schweren Verkehr als genügend widerstandsfähig erwiesen.

Wie beim Basalt kommen auch beim Granit minderwertige Steine vor, die eine größere Abnutzung besitzen. Man erkennt sie im Pflaster daran, daß sie ungenäht längere Zeit feucht bleiben, während gesunde Granitsteine ziemlich schnell abtrocknen. In Schwarzenberg sind bei ungleichmäßiger Härte unter starken Verkehr Unebenheiten im Pflaster eingetreten.

Die einzelnen Granite sind je nach ihrem Vorkommen in mehr oder minder

guter Weise für Kleinpflaster geeignet. Nach den Erfahrungen in Meissen nutzen sich grobkörnige Granite ungleich ab und sind feinkörnige den grobkörnigen vorzuziehen.

Ein feinkörniges Gestein, wie z. B. feinkörniger Granit, Grünstein und dergl., gibt eine ebene Kopffläche ab. Bei einem solchen besseren und einwandfreien Stein läßt sich auf der Verkehrsfläche ein ruhiger Gang der Fahrzeuge erzielen. Es hat dies eine gute Beschaffenheit und längere Haltbarkeit des Pflasters zur Folge.

### 9. Hartbasalt.

Hartbasalt ist im Osten Deutschlands wenig vertreten und kommt deshalb dort nur in geringem Umfange in Betracht. In der Provinz Brandenburg hat Basalt aus Schlesien, in Gnesen Basalt aus den Brüchen bei Görlitz und in Mohrungen zum Teil Stumpfbasalt aus der Oberlausitz Verwendung gefunden. Auch in Krotoschin, Dresden und Zittau wurde Basalt von Lichtenau in Schlesien bezogen. Basalt von Ostzig in Sachsen wurde in Potsdam, Meissen und Zittau, solcher von Wiesa in ganz geringem Umfang auch in Stettin benutzt. In Annaberg hat sich der dort vorkommende Basalt für Kleinpflaster als unbrauchbar erwiesen. In Dresden, Plauen und Bernburg wurde außerdem Basalt aus Böhmen (Kernberg bei Heinrichsgrün) für Kleinpflaster eingeführt.

Basalt hat sich in der Stadt Dresden weniger bewährt, da die Köpfe mit der Zeit glatt und rund werden. Nach Angabe des Landesbauamtes in Plauen hat sich Basalt neben Diorit und Grünstein am besten bewährt und sollen nur diese drei Sorten in den nächsten Jahren verwendet werden. In Gnesen ist man der Meinung, daß für die verschiedenen Verhältnisse sich der Basalt am besten eignet. Basalt ist vorwiegend für ebene Strecken verwendbar.

Im Westen Deutschlands findet sich der Basalt am meisten nördlich in der Provinz Hannover bei Göttingen und Northeim und am Solling. Anschließend daran kommt der Basalt in der Umgebung von Rassel (Habichtswald) und in Niederhessen vor. Diese Brüche sind die Bezugsquellen für weite Gebiete. So wurde in der Provinz Schleswig-Holstein in letzter Zeit vorwiegend Basalt aus Hannover und Hessen verwendet. Auch in der Provinz Hannover kommt in erster Linie Basalt in Frage. Die Landesbauämter in Hannover, Stade, Nienburg, Verden, Osnabrück, Lingen, Hildesheim sowie auch die Stadtbauämter in Wandsbeck, Altona und Delmenhorst machen von Basalt aus der Provinz Hannover und aus der Umgebung von Rassel Gebrauch. Das Absatzgebiet der Basaltbrüche von Niederhessen erstreckt sich östlich bis nach Stendal, Braunschweig, Helmstedt, Bernburg, Frankenhäusen, Erfurt und auf die Städte Rassel, Erfurt, Eisenach, Mühlhausen i. Th. und Salzungen. Nach Süden erfolgt der Versand von Niederhessischen Basalt bis nach Nürnberg und selbst München.

In der Provinz Schleswig-Holstein hat sich bisher Basalt am besten bewährt. Er eignet sich aber wegen seiner Härte, die eine gewisse Glätte erzeugt, nicht zur Verwendung in größeren Steigungen. Von Lingen wird hervorgehoben, daß das Basaltkleinpflaster sehr widerstandsfähig ist, aber glatt wird. Es wird im dortigen Bezirk nur in Strecken mit schwerem oder lebhaftem Verkehr verwendet.

In Osnabrück sind auch Basaltsteine für Straßen mit sehr schwerem Verkehr gewählt worden. In Helmstedt dagegen wird die Dauerhaftigkeit des Basalts im Vergleich zu den übrigen Materialien für eine geringere gehalten und Basalt nur noch in beschränktem Maße verwendet, zumal er auch in wirtschaftlicher Hinsicht bei den dauernden Preisausschlägen Vorteile nicht mehr bietet.

Für weitere Gebiete Mitteldeutschlands liefern das Basaltvorkommen am Rhein südlich vom Siebengebirge, der Westerwald und der Vogelsberg in Oberhessen große Mengen an Basaltsteinen für Kleinpflaster. Vom Rhein und Westerwald beziehen in der Provinz Westfalen die Landesbauverwaltungen Münster, Soest, Dortmund, Wanne, Essen und Gelsenkirchen. In Gelsenkirchen verwendet man Basalt bei leichtem Verkehr, bei schwerem Verkehr kommt Grobpflaster zur Ausführung. In Essen hat sich Basaltkleinpflaster bedeutend besser wie Grauwacke erwiesen.

In der Rheinprovinz hat sich von den verschiedenen Materialien das härtere einheimische, und zwar der Basalt als das geeignetste erwiesen und wird demgemäß fast ausschließlich angewendet. Er findet Verwendung in Aachen, Köln, Rheydt, Mülhausen a. Rh., Duisburg, Bonn, zum Teil auch in Summersbach und Speyer. In der Rheinprovinz ist der Basalt nur unter besonderen Verhältnissen wie z. B. bei stärker geneigten oder leicht vereisenden oder schlüpfrig werdenden Straßen, ferner bei unmittelbarer Nähe der Brüche von Grauwacke und Melaphyr von diesen weniger glatten Steinsorten verdrängt worden.

Der Westerwald liefert außerdem das Material für die Landesbauämter in Idstein, Diez und Wiesbaden, ferner für die Stadtverwaltungen in Wiesbaden, Frankfurt a. M. und Freiburg i. Br. Der Westerwalder Basalt ist bei weitem nicht so spröde als derjenige aus dem Siebengebirge.

Neben dem Basalt vom Westerwald, kommt auch das Basaltgebiet im Vogelsberg bzw. Oberhessen für das gesamte Großherzogtum Hessen mit den Landesbauämtern Siegen, Offenbach, Mainz, Darmstadt, Groß-Gerau, Heppenheim und Bensheim und die im Maingebiet gelegenen Städte, sowie Mannheim, Speyer und auch München in Betracht. In Straßburg wurde zum Teil Basalt aus den Vogesen verwendet.

Obgleich die Weichgesteine wie Melaphyr und Grauwacke sich etwas billiger stellen, steht der verhältnismäßig geringe Preisunterschied in keinem Verhältnis zu der geringeren Widerstandsfähigkeit und der geringeren Dauer des Materials, und ist deshalb Hartbasalt zu bevorzugen.

Von den verschiedenen Gesteinsmaterialien hat der Basalt wegen seiner Härte und Widerstandsfähigkeit sowie wegen der leichten Beschaffungsmöglichkeit für die Herstellung von Kleinpflastersteinen am meisten Verwendung gefunden. Bei der sehr hohen Druckfestigkeit dieses Gesteins und der geringen Abschleiffähigkeit seines dichten Kornes war es vorauszusehen, daß sich ein Kleinpflaster aus Hartbasalt auch einem schweren und starken Verkehr gewachsen zeigen würde. Viele Baubehörden heben hervor, daß sie selbst bei einem solchen Verkehr damit gute Erfahrungen gemacht hätten, und in einigen Baubezirken wurde zur Pflasterung stark befahrener Straßen überhaupt nur Basalt für geeignet gehalten. Ein Nachteil besteht bei den Basaltkleinpflastersteinen

in der starken Abrundung der Kanten und der Glätte des Pflasters. Der Verkehrssicherheit wegen ist es daher ratsam, Kleinsteine aus Hartbasalt nur auf Straßen mit mäßigen Steigungen zu verwenden.

Der Basalt wird in der Natur als Säulen- oder Plattenbasalt gewonnen. Je nach dem Gefüge unterscheidet man bei ersterem grob- und feinkörniges Material. Grobkörniger oder Zähbasalt ist bezüglich der Abnutzung und Erhaltung der Oberflächenform der beste. Feinkörniger Basalt ist zwar leichter zu verarbeiten und gibt gleichmäßiger geformte Steine, ist aber spröder und springt an den oberen Kanten leichter ab. Plattenbasalt wird besonders empfohlen, weil sich aus ihm leicht Pflastersteine mit parallelen Kopf- und Fußflächen herstellen lassen und ein daraus gefertigtes Pflaster eine außerordentlich ebene Oberfläche zeigt.

Wie andere Gesteine, so ist auch der Basalt mit Fehlern behaftet. Man hüte sich vor Verwendung von Basalt, der den Sonnenbrand in sich trägt. Sogenannte „Sonnenbrenner“ zerfallen unter den Verkehrs- und Witterungseinflüssen sehr bald schalen- oder kugelförmig. Sie lassen sich von den gesunden Steinen im Pflaster an der dunkleren Färbung und dem längeren Feuchtbleiben nach Regenfällen unterscheiden. Steine aus Plattenbasalt mit Naturköpfen enthalten vielfach Risse oder Stiche und werden unter der Wirkung des Fuhrwerksverkehrs je nach Lage in horizontaler oder vertikaler Richtung gespalten.

### c. Künstliche Steine.

Künstliche Steine aus Hochofenschlacke der Ilfelder Hütte wurden bei verschiedenen Landesbauämtern der Provinz Hannover eingeführt. Kleinpflasterungen dieser Art liegen in Celle in einem Umfange von 74 km, erstrecken sich in Verden auf 15 km Länge und werden daselbst neuerdings bevorzugt. Sie liegen in Osnabrück und sind seit dem Jahre 1912 auch in Nienburg eingeführt worden. Sie sollen sich in der Provinz Hannover gut bewährt haben und bei schwerem Verkehr ein besseres Kleinpflaster wie das aus Rieselsteinen liefern.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß im Interesse eines guten Pflasters an die Beschaffenheit der einzelnen Gesteinsmaterialien ganz bestimmte Anforderungen zu stellen sind. Die Kleinpflastersteine müssen aus möglichst wetterbeständigem, gleichmäßig festem, dichtem, zähem und gesundem Gestein von fein- bis mittelkörnigem und möglichst gleichmäßigem Gefüge bestehen, welcher zugleich eine rauhe und unter der Verkehrseinwirkung auch möglichst rauhbleibende Oberfläche besitzt. Das Material darf keine verwitterten Teile, noch Risse oder Spalten oder schädliche Adern enthalten. Zwecks Herstellung dauerfester Fahrbahnbeläge ist die Kenntnis und Feststellung der Eigenschaften der einzelnen Gesteinsarten von wesentlicher Bedeutung.

### C) Bearbeitung der Steine von Hand und durch Maschinen.

Die Bearbeitung der Steine hat nach bestimmten technischen Gesichtspunkten zu erfolgen. Die Steine müssen mit Rücksicht auf den Verkehr eine gut bearbeitete,

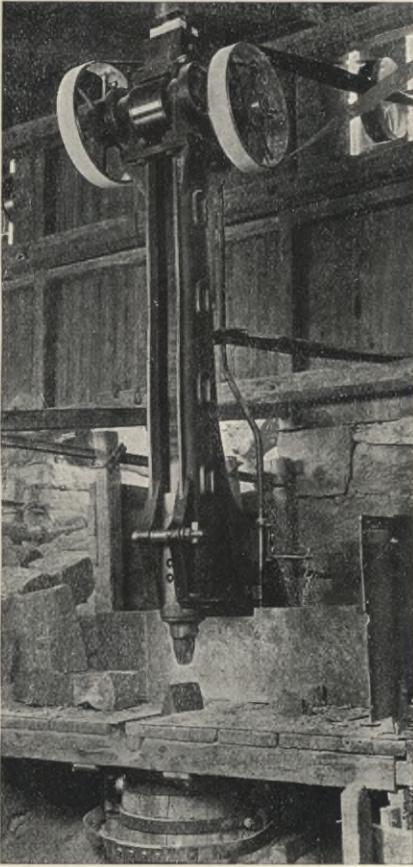


Abb. 1.  
Spaltmaschine von Weiller.

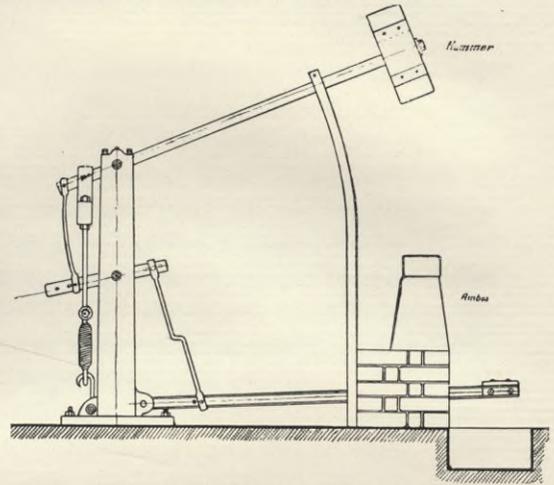


Abb. 5. Spaltmaschine von Reich.



Abb. 2.  
Spaltmaschine von Hensel.

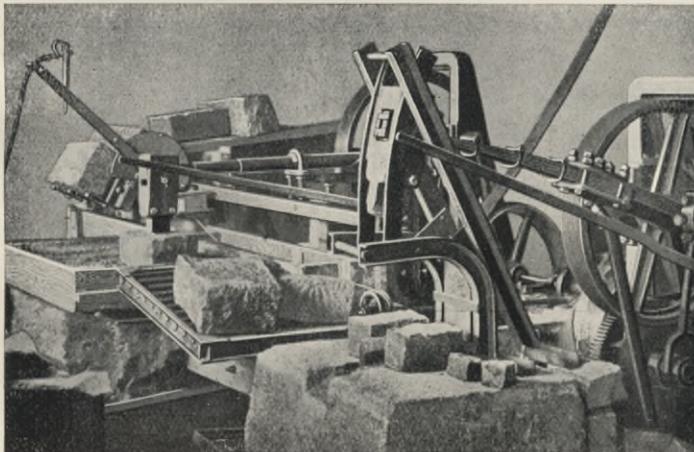


Abb. 3. Spaltmaschine von Smith.

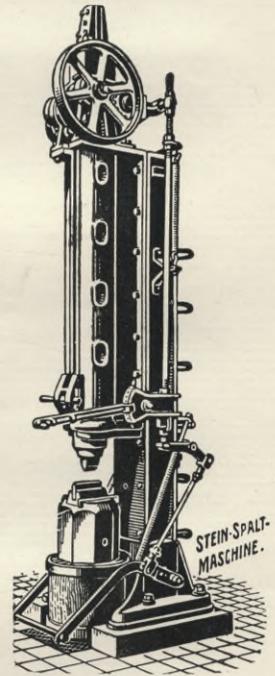


Abb. 4.  
Spaltmaschine von Fickert.



ebene Kopffläche und auch möglichst glatte und ebene Seitenflächen ohne Ballen und Vertiefungen haben, damit sie sich ohne viel Bindeband gegeneinander stützen. Sie müssen ferner eine ebene und möglichst große Saßfläche aufweisen und soll diese mindestens  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Kopffläche betragen. Steine, deren Fußfläche kleiner ist als  $\frac{2}{3}$  der Kopffläche, müssen wenigstens annähernd gleichgerichtet sein, damit die Steine auf der Bettung voll aufsitzen. Zur Erzielung einwandfreier Steine ist eine sorgfältige Verarbeitung erforderlich. Je sorgfältiger die Kleinsteine bearbeitet sind und je mehr sie sich der Würfelform nähern, desto ebener und haltbarer wird das Pflaster. Die Anforderungen, welche an die Form und Gleichmäßigkeit der Größe gestellt werden, sind namentlich in den Großstädten besonders hohe.

Die Herstellung der Steine ist in der norddeutschen Tiefebene vielfach von Hand im eigenen Betriebe und zwar aus Rieselsteinen bzw. Findlingen erfolgt. Das erste, im Jahre 1885 hergestellte Kleinpflaster besteht aus Steinen, die aus Großpflastersteinen von nordischem Gestein oder Granit zugerichtet waren. Diese Gesteinsarten, welche schon längst die Bergfeuchtigkeit verloren haben und oft durchgefroren sind, spalten in der Regel etwas unregelmäßig und geben vielfach keine schön geformten Steine. Auch andere Verwaltungen, wie Danzig, Charlottenburg, Altona und Hannover haben vorübergehend die Steine aus den vorhandenen alten Pflastersteinen hergestellt. Die Bearbeitung der Kleinsteine von Hand ist namentlich bei hartem, zähen Gestein wie Granit nicht nur recht schwierig, sondern auch zeitraubend und demgemäß recht teuer. Im allgemeinen ist es daher üblich, die Pflastersteine fertig aus den Brüchen zu beziehen.

Steine regelmäßigen Formats erhält man weit schneller und billiger, wenn man sich der *Steinspaltmaschine* bedient.

Eine solche ist dem Direktor der Aktien-Gesellschaft Bornholmer Granitwerke, Ferd. Weiller, im Jahre 1900 patentiert worden (Abb. 1). Wie der Erfinder mitteilt, wurde bei der Konstruktion der Maschine von der Erkenntnis ausgegangen, daß ein spaltungsfähiges Gestein maschinell nur dann zweckentsprechend gespalten werden kann, wenn die im voraus bestimmbare Spaltebene von den auftretenden Kräften in wirksamer Weise beeinflusst wird. Die Stoßkraft ist aber dann am wirkungsvollsten, wenn sie möglichst konzentriert auf einen beschränkten Teil der Oberfläche des Steines auftritt, und das geschieht am zweckmäßigsten durch einen abgestumpften Stoßzapfen oder Schläger. Ein scharfer Stoßzapfen würde unnütz sein, denn ein solches Stoßwerkzeug würde zunächst nur eine Kerbe im Stein erzeugen und erst, wenn die Abstumpfung beginnt, was nach wenigen Schlägen eintritt, anfangen, drückend zu wirken.

Die Steinauflage muß linienförmig und von genügender Länge sein, und zwar deshalb, damit der Stein auf ihr mit einer gewissen Anzahl von Punkten seiner Unterfläche in Berührung kommt und so die Spaltebene festgelegt werden kann. Die Kraftlinien, die durch den Kraftstoß erzeugt werden, verpflanzen sich nach dem linienförmigen Widerstand, also nach der Steinauflage und rufen hier die sogenannten Reaktionskräfte hervor, worauf die Spaltung nach ein oder mehreren Schlägen erfolgt. Würde die Steinauflage breit oder flach oder zu stumpf sein oder eine ungenügende Länge haben, dann kann in derselben keine bestimmte Spalt-

ebene festgelegt werden und würden willkürliche, bzw. schlechte oder schiefe Spaltungen die Folge sein. Auch muß die Steinauflage fest sitzen und unbeweglich sein, weil sonst die Balanzierung eines schweren Steines zur Unmöglichkeit wird und daher ebenfalls schlechte Spaltungen die Folge sind.

Die patentamtlich geschützte Steinspaltmaschine ist ein Friktionsfallhammer und das Spaltwerkzeug ein scharfkantiger Meißel, der mittels eines Reils in einem Schuh befestigt ist und als Steinauflage dient. Das Schlagwerkzeug besteht aus einem Schlagzapfen mit stumpfer Schlagfläche. Um zu verhindern, daß das Schlagwerkzeug bis auf die Steinauflage hinabfällt, sind im Kopfe des Maschinengestelles auswechselbare Gummipuffer angebracht, die als Pufferfänger für die Hebestange dienen. Mittels eines am Maschinenfuße angebrachten Tretbügels vermag der die Maschine bedienende Arbeiter die Schläge zu regeln. Soll der Hammerbär von einer Hochlage herunterfallen, so bewegt der Arbeiter den Tretbügel abwärts und drückt damit die Steuerstange aufwärts. Es drehen sich dann zwei Zahnbogenscheiben am Kopfe des Hammers so, daß zwei auf denselben Achsen sitzende Friktionscheiben sich von der Hebestange des Bären entfernen und diese Stange mit dem Bär frei hinabfällt, während die von einem Antrieb betätigten Riemenscheiben mit den Friktionscheiben untätig umlaufen. Gibt der Arbeiter den Tretbügel wieder frei, so zieht eine Feder die Steuerstange abwärts und hierbei werden die Zahnbogenscheiben so zurückgedreht, daß die mit den Riemenscheiben sich drehenden Friktionscheiben die Hebestange des Bären wieder zwischen sich fassen und in die Höhe schieben, bis der Bär gegen einen Seitenarm der Steuerstange stößt. Hierdurch wird diese etwas gehoben und es werden die Zahnbogenscheiben so gedreht, daß der Druck der Friktionscheiben gegen die Hebestange des Bären sich um soviel verringert, daß die letztere nicht weiter in die Höhe gehoben, sondern nur in der Schwebe erhalten wird, bis durch erneute Niederbewegung des Tretbügels die Bärenaufhängung ausgelöst wird.

Der Arbeiter hat es vollkommen in seiner Hand, die den Stein zum Spalten bringenden Kraftstöße genauestens zu regeln. Der Arbeiter legt den zu spaltenden Stein auf die untere Steinauflage und balanziert ihn mit den Händen, dann gibt er mit dem stumpfen Schlagzapfen einige leichte Schläge auf den Stein, um ihn von unten etwas einzukerben und ihn dadurch fester aufzulagern, und endlich spaltet er ihn durch einen oder mehrere Kraftstöße. Beim Steinspalten pflanzen sich die durch die konzentrierte Schlagkraft im Steine erzeugten Kraftlinien nach dem Widerstande (nach der Steinauflage) fort und rufen hier Reaktionskräfte hervor, die in der durch den oberen kleinen Auftreffpunkt und die Steinauflage festgelegten Spaltenebene wirken und so die Spaltung des Steines herbeiführen.

Diese Steinspaltmaschine hat sich namentlich für die Herstellung von Kleinpflastersteinen aus Granit und aus Gesteinen von ähnlicher Spaltbarkeit vorzüglich bewährt. Im Gegensatz zur Handarbeit wird solch ein zähes Gestein auf dieser Maschine mit großer Leichtigkeit und Schnelligkeit sicher gespalten, so daß die Leistungen dieser Maschine die der Handarbeit um ein Vielfaches übertreffen.

Was die Frage wegen des maschinellen Spaltens von Basalt anbelangt, so findet bei glasigen und spröden Säulenbasalten eine Ausmuschelung statt und sind diese daher für die Maschine nicht geeignet. Dagegen spalten einige Säulen- und

die Plattenbasalte, die eine gewisse Zähigkeit besitzen, sehr willig und glatt auf der Maschine. Im allgemeinen eignen sich Materialien, deren Spaltflächen infolge des inneren Gefüges derselben uneben oder muscheligen sind, nicht für die Maschine, während alle Gesteine, deren Spaltflächen in der Richtung der wirksamen Stoß- und Druckkräfte eben verlaufen, dafür geeignet sind. Um die letzteren Gesteine handelt es sich im wesentlichen bei der Verwendung von Steinspaltmaschinen und gehören dazu viele Sand- und Kalksteine, Granite und Syenite.

Die Leistung wird von dem Lieferanten beim Durcheinanderschlagen von Groß- und Kleinpflastersteinen auf durchschnittlich 15 qm in zehn Stunden Arbeitszeit angegeben. Durch die Erfahrung ist erwiesen, daß die Maschine um ein vielfaches die Leistung der Handarbeit übertrifft. Die Herstellungskosten werden einschließlich aller Nebenausgaben auf 0,57 M für 1 qm Kleinpflaster angegeben.

Von der Maschine sind zur Zeit etwa 500 Stück in Betrieb. Das Anwendungsgebiet erstreckt sich in Europa im wesentlichen auf Schweden, Norwegen, Dänemark, Deutschland, England, Österreich-Ungarn, außerdem auf verschiedene Länder außerhalb Europas. In Deutschland kommen über 100 Maschinen bei Steinbruchbetrieben in Bayern und Sachsen in Betracht.

Derartige Spaltmaschinen haben nicht allein in den Steinbruchbetrieben, sondern auch bei einer städtischen Bauverwaltung mit Erfolg Anwendung gefunden. In der Absicht, aus überflüssigen, alten Großpflastersteinen Kleinpflaster herzustellen, sind in Hamburg seit dem Jahre 1909 zwei Spaltmaschinen in Betrieb. Diese werden von einem Deutzer Petrolmotor von 6 HP. getrieben, der zugleich für andere Zwecke, wie zum Antrieb einer Bohrmaschine, benutzt wird. Die Maschine hat sich für die daselbst vorkommenden und gut spaltbaren Gesteinsarten, wie Granit, Gneis und altem Sandstein aus Plöbky, als geeignet, für den, einen muscheligen Bruch zeigenden Basalt dagegen als weniger geeignet erwiesen. Die Leistung schwankte nach dreijähriger Benutzung der Spaltmaschine je nach Art und Gestalt der alten Pflastersteine zwischen 10 und 20 qm, im allgemeinen auf 18 qm in 10 Arbeitsstunden, wobei 1 cbm regelmäßig aufgefetzter Steine etwa 8 qm ergab. Bei versuchsweiser Aufbereitung von Basalt haben sich 50 Proz. Kleinsteine und 50 Proz. Abfall ergeben.

Der Umstand, daß die Maschinen dieser Art sich rasch Eingang verschafft haben, läßt auf ihre Güte, Leistungsfähigkeit und Rentabilität schließen.

Im Laufe der Jahre sind noch einige andere Arten von Steinspaltmaschinen in den Handel gebracht worden, die alle auf demselben Grundsatz wie die Weiller'schen Maschinen beruhen, nämlich die Spaltung des Steins durch Druck von oben und Gegendruck von unten herbeizuführen.

Eine ähnliche Konstruktion stellt die seit dem Jahre 1910 hergestellte Pflasterstein-Spaltmaschine der Firma Eisenwerk Hensel, Bayreuth (siehe Abb. 2) dar. Bei dem Bau der Maschine ist die Firma von dem Grundsatz ausgegangen, nicht durch Eindrücken einer scharfen Schneide, sondern lediglich durch Erschüttern des Gefüges den Stein zu spalten. An der Maschine ist keinerlei Schneidewerkzeug, sondern es arbeitet der stumpfe auswechselbare Fallbär-Einsatz mit einer auf einen Stahlbolzen sich drehenden Stahlrolle zusammen. Durch diese drehbare Rolle, die als Auflage des Steins dient, soll bezweckt werden, daß der Arbeiter

den Rohblock leicht auf der Rolle verschieben kann, um ein oder mehrere Schläge in gerader Richtung hintereinander ausführen zu können. Die Spaltung erfolgt angeblich immer genau nach einer Linie, längs welcher die Schläge ausgeführt wurden. Nach der Meinung des Erfinders müssen bei Verwendung von Schneiden dieselben erst die Unebenheiten des Steins durchdringen, um voll zur Wirkung zu kommen. Bei der Spaltrolle ist dies nicht der Fall, da diese sich infolge ihres stark gekrümmten Umfanges an die Unebenheiten des zu spaltenden Steins leicht anschmiegt.

Von den für die Herstellung von Großpflaster hergestellten Maschinen ist die Konstruktion des Ingenieurs E. S. Smith zu erwähnen. Diese seit dem Jahre 1912 eingeführte Großpflaster-Spaltmaschine, auf der zugleich auch Kleinpflaster hergestellt werden kann, veranschaulicht die Abb. 3. Sie ist mit einem federnden Brech- und einem ebensolchen Spalthammer ausgestattet. Die auf einer Rutsche heruntergekommenen Rohsteine werden ähnlich wie bei der Handarbeit zunächst mit einem entsprechend konstruierten Preßlufthammer gerichtet. Nachdem der Steinblock umgedreht, bricht der Brechhammer den Stein geradlinig in der vorgerichteten Spaltichtung. Der Spalthammer spaltet darauf den Steinblock in rechtwinklige Pflaster- oder Kleinsteine in der gewünschten Weise. Die Erfahrungen mit der Smithschen Spaltmaschine sind in Pflastersteinbetrieben noch verhältnismäßig gering, so daß ein zuverlässiges Urteil über diese Maschinen vorläufig noch nicht gefällt werden kann. Mit gut spaltbarem Gestein lassen sich aber zweifellos gute Ergebnisse erzielen.

Die Steinspaltmaschine von Fickert in Schwarzenbach a. S. (siehe Abb. 4) kommt mit ihrer Arbeitsweise den Vorrichtungen des Handarbeiters insofern am nächsten, als sie den von unten vorgerichteten Stein von oben mit stumpfem Hammer durchschlägt, nachdem der untere Rizmeißel mittels Schubteil zurückgezogen wurde.

Als weitere Konstruktion von Steinspaltmaschinen ist noch eine sehr einfache Konstruktion der Firma Max Teich, Kleinsteinberg-Leipzig (siehe Abb. 5) zu erwähnen. Diese Handkraft-Spaltmaschine wird mit dem Fuß in Tätigkeit gesetzt. Um Steine von größeren Abmessungen spalten zu können, sind die Lager des Hammers verstellbar.

Im allgemeinen werden naturgemäß alle Pflasterstein-Spaltmaschinen nur dort ihren Platz mit Erfolg behaupten, wo gut spaltbares Rohmaterial in reichlicher Menge vorhanden ist.

### 3. Bauweise.

#### A) Einfassung, Unterbau und Bettung.

##### Einfassung.

Um eine seitliche Sicherung des Kleinpflasters gegen Ausweichen herbeizuführen und damit eine genügende Verspannung und Haltbarkeit des Pflasters zu gewährleisten, sind an beiden Seiten des Unterbaues feste Widerlager herzustellen. Dieser Schutz

muß auf Landstraßen, wo Rinnenpflasterungen oder sonstige Begrenzungen fehlen, erst geschaffen werden. Da aufgeschüttete und gut abgerammte Bankette nicht widerstandsfähig sind, verwendet man in der Regel einreihige Saum- oder Rantfesteine von etwa 8—12 cm Breite und verschiedener Höhe. In Meißen hat eine Einfassung mit 10—12 cm hohen und etwas langen Steinen einen sauberen Anschluß ermöglicht. Beim Bezirksverband Wiesbaden sind Bandsteine von 18—22 cm Höhe und 18—25 cm Breite üblich. In Offenbach wurden Wandsteine von 25 cm Höhe, in anderen Fällen solche von 35—40 cm Höhe verwendet. Im allgemeinen müssen sie von hinreichender Höhe sein und sollten mindestens 10 cm unter den Unterbau gehen. Die Einfassungssteine, zwischen denen das Kleinpflaster herzustellen ist, sind genau nach der Schnur und in richtiger Höhenlage in schmalen, aber so tiefen Rillen zu versehen, daß sie eine Sandunterlage von mindestens 5 cm erhalten (Abb. 6). Um einer Versackung des Kleinpflasters vorzubeugen, ist der Anschluß des Unterbaues an die Bordkanten entweder mit grobem Kies, Gerölle oder Abfallsteinen zu hinterstampfen, abzurammen und einzuschlämmen oder gut mit Beton auszustampfen. Die Stoßfugen, werden in der Regel mit Sand eingeschlämmt. Ein Ausgießen der Fugen mit Zementmörtel ist nicht unbedingt geboten, indessen von gutem Erfolg. Statt der Bordsteine verwendet man auch vielfach Großpflastersteine, die etwas nachgekippt werden. Nach den Erfahrungen in Schleswig-Holstein scheint ein einreihiger Saumstein nicht zu genügen und ein 0,6 m breites Großsteinpflaster erwünscht zu sein.

Die Höhenlage der Bordsteine ist von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen abhängig. Bei Landstraßen, auf denen das Regenwasser vom Straßendamm über die anschließenden Bankette hinweg abfließen soll, sind die Rantfesteine so hoch zu setzen, daß die Oberfläche des Kleinpflasters nach erfolgtem Abrammen etwa 1—2 cm darüber hervorragt. Die anschließenden Bankette sind dann bis auf Bordsteinhöhe zu bringen. Die Aufhöhung kann unter Verwendung von grobem Sand, Kies, Schlacken und dergleichen erfolgen. Größere Steinstücke dagegen sind für diesen Zweck nicht geeignet, weil sie leicht hochfrieren und dann den Fußgängerverkehr gefährden. Wenn eine Landstraße mit erhöhten Fußwegbanketten versehen ist, müssen diese mit ihrer Oberkante um etwa Trittsufenhöhe die Kleinpflasterdecke überragen und sind die Bordsteine höher und auf ein Sand- oder Riesbett zu setzen, so daß ihre Oberfläche im Niveau der Fußgängerbankette liegt.

In den mit erhöhten Bürgersteigen versehenen Stadtstraßen werden die mit größeren Abmessungen vorgesehenen Bordsteine auf die Höhe der Bürgersteige gebracht und auf ein Betonbett gesetzt. In den meisten Fällen ist es dann üblich, als Abgrenzung des Kleinpflasters eine Rinnenpflasterung aus alten Reihensteinen in 30—60 cm Breite vorzusehen und diese auf einen Unterbau von Beton zu versehen.

Längsabschlüsse der Kleinpflasterdecke und Anschlüsse an Straßenbahnschienen sind zweckmäßig aus Großpflasterreihen zu bilden. Ebenso werden auch Einbauten wie Einsteige- und Entlüftungschächte am besten mit Großpflastersteinen umfaßt. Diese Einfassungen sind (nach Scheuermann) auch bei runden Einbauten rechtwinklig zu begrenzen, damit sich das Kleinpflaster nur zwischen parallelen Widerlagern verspannt und dadurch haltbarer wird.

## Unterbau.

Während ein unmittelbar auf den Untergrund verlegtes Großpflaster auf Sandunterbettung bei einer größeren Auflagerfläche eine unter Umständen noch hinreichende Druckübertragung ermöglicht, kann ein in gleicher Art hergestelltes Kleinpflaster bei der geringen Saßfläche der Steine im allgemeinen den Verkehrslasten hinreichenden Widerstand nicht bieten. In verhältnismäßig kurzer Zeit entstehen Vertiefungen, Mulden und Gleise in der Oberfläche. Das Kleinpflaster erfordert deshalb einen besonderen Unterbau.

Die Erfahrung hat weiter erwiesen, daß das Kleinpflaster sich in allen solchen Fällen nicht bewährt hat, in denen bei Herrichtung des Unterbaues nicht mit der erforderlichen Sorgfalt verfahren wurde, und daß die Haltbarkeit und dauernd gute Beschaffenheit des Kleinpflasters vornehmlich von der Beschaffenheit des Unterbaues abhängig ist. Kleinpflaster aus genügend widerstandsfähigem Gestein hat sich stets gut gehalten, wenn es ein überall gleich festes, gut profiliertes und ebenes Unterbau besaß. Die Schaffung eines festen Unterbaues ist Vorbedingung für die Dauerhaftigkeit eines Kleinpflasters und aus dem Grunde geboten, weil Verdrückungen im Untergrund kaum zu beseitigende Unebenheiten der Pflasteroberfläche zur Folge haben und innerhalb kurzer Zeit eine Zerstörung des Pflasters selbst eintreten kann, schließlich auch Aufstrebungen bei Frost vermieden werden müssen.

Die Art des Unterbaues ist verschieden, je nachdem es sich um die Ausnutzung und Herrichtung einer bestehenden Straßendecke oder um die Herstellung eines neuen Unterbaues handelt. Im einzelnen sind dabei weiter die zur Verfügung stehenden Baustoffe, die Art des Untergrundes, die gesamte Anordnung und örtliche Lage sowie die Verkehrsverhältnisse der Straße von Belang. Bei der Verschiedenartigkeit der örtlichen Verhältnisse hat man in technischer Hinsicht von den verschiedensten Formen Gebrauch gemacht. Für die einzelnen Fälle ist Vorbedingung, daß der Unterbau die nötige Festigkeit und Dichtigkeit hat.

### α) Unterbau für leichteren und mittleren Verkehr.

#### a) Kiesunterbettung.

Wenn es auf Sparsamkeit ankam, hat man auf Landstraßen in einfacheren Fällen sich lediglich mit einer **Kiesunterbettung** begnügt und diese in der Regel mit einer Dampfwalze festgewalzt und gedichtet. So wurde in einzelnen Fällen in Speyer ein kiesiger Unterbau, in Erfurt und Glauchau mehrfach eine 20 cm starke Kiesunterbettung verwendet. Auch alte Kieswege sind gelegentlich als Unterbau benutzt worden. Nach Gravenhorst lassen sich auf Landstraßen würfelförmige Pflastersteine von 10—11 cm Seite auch ohne Steinschlagunterbau auf eine feste Sand- oder Kiesunterbettung setzen. In München, wo wegen Mangel eines geeigneten Steinmaterials auf die Herstellung eines Grundbaues verzichtet werden muß und nur Kalkmaterial in Form von rundem Kies zur Verfügung steht, wird unter Sand- und Wasserbeigabe eine 15—30 cm starke Schicht von ungereinigtem Kies von durchschnittlich 5 cm Korngröße aufgewalzt und dient diese Makadamsschicht als Unterbau für die

provisorische Befestigung von Kleinpflaster. Die Bettung des Unterbaues auf einer hinreichend starken Sandlage bietet auch bei anderen Arten von Unterbau einen guten Schutz gegen Auffrieren.

In Guben hat man Steinschlag aus *Biegelbrocken*, und zwar in Straßen mit leichtem Verkehr in 15 cm Stärke, in solchen mit schwerem Verkehr in 20 cm Stärke zur Verwendung gebracht.

#### b) Unterbettung aus alten Pflastersteinen.

In verschiedenen Fällen hat man den Unterbau aus alten Pflastersteinen hergestellt. In Delmenhorst wurde Kleinpflaster zum Teil auf alter Findlingspflasterung, in Lübeck auf Rundpflaster versetzt. In Lingen werden Kieselpflasterstreifen für die spätere Anlage von Kleinpflaster umgebaut. In Dresden wurde zum Teil altes Kopfsteinpflaster von 15—18 cm Höhe benutzt. In Breslau wurden neuerdings Versuche mit Packlage und Schotter aus alten Reihenspflastersteinen angestellt, in Waldeck Packlage aus alten Pflastersteinen und neuen Kalksteinen in 20 cm Stärke hergestellt. In Bernburg wurde altes Großpflaster mit 5—10 cm starker Schotterdecke oder einer Betonmischung 1 : 8 abgeglichen. In Stade sind auf alter, fester Sandunterbettung aus Kleinstein und Zementmörtel hergestellte Pflastersteine verwendet worden.

#### c) Verwendung von Packlage und Kies.

Während in den vorigen Fällen die Kosten für den Unterbau nur mäßige sind, stellen sie sich bei Verwendung von Packlage als Unterbau von neuen Straßen verhältnismäßig hoch. Mit Dampfwalze befestigte Packlage bietet auf der anderen Seite eine größere Tragfähigkeit. In Freiburg i. B. wurde eine überkieferte Packlage verwendet. In Erfurt hat man der Packlage eine Stärke von 15 cm gegeben und in Mühlhausen i. Th. auf eine derartig starke Schicht noch eine Riesdecke aufgebracht. In Flensburg bestand der Unterbau aus 10 cm Packlage und 10 cm grobem Ries und in Glauchau wurde die 20 cm hohe Packlage noch mit einer 5 cm hohen Schüttung aus abgewalztem Grobkies überdeckt. Durch Einbau von Packlage oder von Sickerkanälen kann man namentlich bei quelligem Untergrunde eine ausreichend feste und tragfähige Unterlage schaffen.

#### a) Gewöhnlicher Steinschlagunterbau.

Wo man bei leichterem Verkehr eine größere Sicherheit für geboten erachtet, hat man bei Neubautrecken einen gewöhnlichen Steinschlagunterbau hergestellt oder auch bei Straßen mit mittlerem Verkehr alte Steinschlagbahnen benutzt, welche lediglich aus Steinschlag bestanden. In Duisburg wurde zum Teil Steinschlagunterbau, in Straßburg ein alter Steinkörper aus Steinschlag und Ries bis zu 5 cm Mindeststärke verwendet. In Meissen hat man das Kleinpflaster teils auf eine 10 cm hohe Grobschlagschicht, teils auf eine neue Schotterdecke von 10—12 cm Stärke auf Riesbettung verlegt. In Diez wurde eine Decke von 8—10 cm Stärke, in Annaburg eine solche von 10 cm Stärke benutzt. In Verden hat man 9—12 cm, Waren 10—15 cm, Stade 8—15 cm, Mannheim und Leipzig 12—15 cm, Danzig und Osnabrück und

in Grabow, Brandenburg, Münster, Hagen und Plauen 15 cm starken Steinschlag gewählt.

Nach Gravenhorst genügt in bestimmten Fällen noch ein Unterbau aus Grobschlag, den man zweckmäßig mit einer dünnen Lage recht feinen Steinschlags überüberschüttet, so daß nach dem Abwalzen die Grobschlagstücke nicht mehr hervortreten. Man erhält auf diese Weise eine ebene, gleichmäßig feste und nicht zu harte Oberfläche. Bei festem, durchlässigem Boden genügt ein Steinschlagunterbau von 15 cm, bei leichtem Verkehr von noch geringerer Stärke. Mit Rücksicht auf spätere Verkehrszunahme wird man die größere Stärke bei Neubauten als Mindestmaß nehmen. Bei unzuverlässigem Untergrund muß dieser Unterbau noch eine gute Sandunterbettung oder der Steinunterbau eine größere Stärke erhalten. So wurde in Leipzig der 12—15 cm starke Steinschlag auf eine 15—30 cm starke Riesenschicht verlegt. In Potsdam diente als Unterbau eine Steinschlagdecke aus Schüttsteinen von 16 cm Stärke, in Aachen, Schwerin und Flensburg eine solche von 12—20 cm, in Wittel 16 cm Stärke, in Lingen von 15—18 cm Gesamtstärke und in Parchim, Nienburg, Lübeck, Summersbach, Nürnberg eine solche von 15—20 cm. In Stendal hat man 13 cm Grobschlag und 5 cm Decklage genommen. Bei den Bauverwaltungen in Königsberg und Celle belief sich die mittlere Stärke auf 18 cm.

Die Deckenstärke betrug in Rostock, Heide, Gera, Charlottenburg 20 cm, in Münster, Soest und Mannheim 20—25 cm, in Wiesbaden, Delmenhorst, Wanne 25 cm und mehr. In Pirna hat man auf kieseligen Untergrund eine 15—18 cm starke Grobschlagschicht mit 4—9 cm starker Schotterdecke aufgebracht.

Gewöhnliche Steinschlagdecken sind außer bei obigen Bauverwaltungen auch noch im Bereiche derjenigen von Insterburg, Stralsund, Stendal, Wandsbeck, Braunschweig, Dessau, Dortmund, Bonn, Köln, Solingen, Remscheid, Mühlhausen in Thüringen, Breslau, Bauzen, Glauchau, Zwickau, Frankenhäusen, Fürth und anderen Orten benutzt worden..

Man hat somit in außerordentlichem Umfange von Steinschlagunterbau Gebrauch gemacht und diesen in einer Stärke verwendet, welche im allgemeinen zwischen 12 und 25 cm schwankt. Bei ganz leichtem Verkehr beträgt sie 12—15 cm, bei leichtem 15—20 cm und bei mittlerem 20—25 cm.

Bei der Neuherstellung von Landstraßen hält Gravenhorst einen mittelst schwerer Walze sorgfältig gedichteten Makadamunterbau für genügend und eine Sekpacklage nicht für erforderlich. Bei einem lehmigen Untergrunde empfiehlt er, den Makadamunterbau mit einer Sandunterbettung zu versehen.

Nach Funk ist ein Maß von 10—12 cm für die Stärke des Grundbaues als das geringste anzusehen und bei vollständig neuen Straßenanlagen in allen Fällen vorfichtshalber eine hinreichende Stärke des Unterbaues geboten.

Einen Anhalt darüber, ob die Stärke des Grundbaues in bestehenden Straßen den Anforderungen an die Tragfähigkeit entspricht oder nicht, erhält man in der Praxis durch das Verhalten der Decke unter den Einwirkungen der Walz- und Einschlämmarbeiten. Zeigen sich bei Erneuerung der Decke mangelhafte Stellen, wie Eindrück, Setzungen oder Wellenbildungen, so ist auf unzureichende Stärke oder nachgiebigen Untergrund zu schließen.

### β) Unterbau für schwereren Verkehr.

In Straßen mit lebhafterem Verkehr dienen neue oder alte Steinschlagbahnen als Unterbau, bei denen eine gewöhnliche Schotterdecke auf einem darunter befindlichen Grundbau oder Packlage aufgebracht ist. Diese Bauweise findet sowohl bei Neuanlagen wie bei Ausnutzung von bestehenden Straßendecken Verwendung. Eine Neuherstellung des Packlageunterbaues findet statt, wo entweder eine Straße neu angelegt oder verbreitert oder Großpflaster durch Kleinpflaster ersetzt wird oder wie in bestehenden städtischen Straßen der Höhenunterschied zwischen der Oberkante Steinschlagbahn und der Höhe der vorhandenen und beizubehaltenden Randsteineinfassung für die Aufbringung des Kleinpflasters nicht hinreichend ist.

Während bei Neuherstellungen in einigen Fällen wie z. B. Verden eine Pack- und Zwiclage mit Steinschlagdecke sich als Unterbau besonders gut bewährt hat, hat man in anderen Fällen eine stärkere Decklage für erforderlich erachtet. Die Gesamtstärke beläuft sich in Stralsund, Münster, Salzingen, Mühlhausen in Thüringen, Dresden, und Speyer auf 18—20 cm, in Wandsbek, Braunschweig, Rassel, Gera, Bonn, Remscheid, Dortmund auf 20—25 cm, in Idstein und Witten auf 25—30 cm und in Bernburg bis zu 35 cm. Von der Gesamtstärke entfallen im allgemeinen 5—10 cm auf die Schotterdecke und der Rest mit 12—18 cm auf die Packlage.

Bei Benutzung von alter Steinschlagbahn hat man in Mohrunen die Packlage nur mit Steinschlag abgeglichen und auch in Rassel und Rheydt nur mit dünner Decklage, in Groß-Gerau mit etwa 6 cm Kleinschlag versehen. Im übrigen ist die aus Pack- und Decklage zusammengesetzte alte Steinschlagbahn von verschiedener Stärke.

Eine Gesamtstärke bis zu 20 cm findet sich in Gnesen mit 15—18, Gleiwitz, Flensburg, Dresden, Erfurt mit 15—20, Güstrow mit 14—22, Speyer und Mühlheim a. Rh. mit 20 cm. Innerhalb der Grenzen von 20—25 cm hält sich Steinschlagunterbau in Stettin, ferner in Hannover Land zwischen 22—25 cm und in Kreuznach mit 23 cm. In den Städten Frankfurt a. M., Hannover, Nürnberg, Dresden, Essen, Hildesheim, Eisenach sowie Bernburg bildet 25 cm das übliche Maß und entfallen davon 15—18 cm auf die Packlage und 7—10 cm auf die Decklage. Eine darüber noch hinausgehende Stärke von 25—30 cm liegt vor in Plauen mit 26 cm, Bromberg 20—30 cm, Helmstedt 23—29 cm, Heppenheim, Bensheim mit 27—28 cm und Mainz, Offenbach, Dresden, Leipzig mit 28—30 cm. Dabei ist die Packlage zum Teil bis auf 20 cm verstärkt worden. In außergewöhnlichen Fällen entfällt auf die Packlage oder alte Chauffierung eine Stärke von 20 cm und bis zu 15 cm Decklage und entstehen dann Maße über 30 cm. Hierzu gehören Wiesbaden mit 30—32 cm, Meißen mit 21—35 cm, Darmstadt und Gießen mit 35 cm. Auch in Parchim kommt eine Steinschlagdecke von 8—15 cm Stärke vor.

Der Hauptvorteil des Kleinpflasters gegenüber dem Großpflaster auf Sandunterbettung besteht in der Ausnutzung von alten Steinschlagbahnen als Unterbau, und ruht deswegen der größte Teil aller Kleinpflasterungen auf alter Steinschlag-

bahn. Alte Steinschlagbahnen bieten im allgemeinen die beste Gewähr für einen guten Unterbau.

Bei der Anlage des Kleinpflasters ist Voraussetzung und Haupterfordernis, daß der Unterbau hinreichend stark, hart und festgelagert und möglichst dicht, d. h. wasserundurchlässig ist. Eine alte, in sich gefestigte Steinschlagdecke entspricht den gestellten Anforderungen in vollkommenster Weise und bietet die beste Gewähr. Die Abgleichung der obersten Schicht muß indessen mit größter Sorgfalt einer Ausbesserung oder Neuherstellung unterzogen und zu dem Zwecke diese zunächst gereinigt, in das richtige Profil gebracht und möglichst geglättet werden. Die sorgfältige Ausgleichung ist sehr wichtig, da jede Unebenheit derselben auch im Pflaster erscheint. (Abb. 7 und 8.)

In einzelnen Fällen, wie in der Provinz Pommern und Schlesien wird Beton im Mischungsverhältnis von 1 : 10 in solcher Stärke aufgebracht, daß die Unregelmäßigkeiten profilmäßig ausgeglichen sind. Dieses Verfahren soll sich in Pommern vorzüglich bewährt haben. Auch in den Städten Breslau und Hildesheim wurden die im Unterbau vorhandenen Löcher durch Zementbeton (in Hildesheim im Mischungsverhältnis 1 : 15) ausgeglichen.

Wenn beim Abwalzen des Unterbaues in städtischen Straßen an denjenigen Stellen, wo vorher Quer- und Längsleitungen hergestellt worden sind, muldenartige Vertiefungen entstehen, empfiehlt es sich, diese mit einer Betonmasse aus Basaltsplitt und Zement auszufüllen und den Beton mit eisernen Stampfern profilmäßig festzustampfen.

Im allgemeinen werden größere Unebenheiten wie Gleise und Schlaglöcher in der alten Decklage dadurch entfernt, daß man sie mit feinem Schottermaterial unter Verwendung von Pferde- oder Dampfwalzen ausbessert. (Abb. 9.) Dabei ist der Schotterzuschuß der Kosten wegen auf das wirklich notwendige Maß zu beschränken. Eine Ausgleichung mit Kies hält Gravenhorst für fehlerhaft, weil sie sich trotz der Ausfüllung in der Kleinpflasterdecke bemerkbar macht. Wenn die Unebenheiten einen zu großen Umfang angenommen haben oder die Decke zu stark abgenutzt ist, so daß eine Ausbesserung nicht mehr genügt, ist die alte Decke aufzulockern und wie eine neue Decke auf der gesamten Straßenbreite in größerer Schütthöhe mit größter Sorgfalt wieder festzuwalzen und zu profilieren. Da das Abspielen mit der Hacke zeitraubend und kostspielig ist, geschieht das Aufreißen zweckmäßig mittels eines, an die Dampfwalze angehängten Aufreißers. Das Abwalzen, Ausgleichen und Dichten selbst, hat, wenn es sich auch nur um geringe Ausbesserungen handelt, in jedem Falle zweckmäßig mit einer Dampfwalze zu geschehen. Überall da, wo die Walze nicht hinkommen kann, muß der Unterbau mittels Handrammen festgestampft werden. Die Dichtung muß zwecks Vermeidung späterer Senkungen sehr sorgfältig geschehen. Zeigen sich in der Oberfläche der Unterlage nach ihrer Dichtung noch kleinere Vertiefungen, so sind diese zweckmäßig mit Splitt auszufüllen, der ebenfalls sorgfältig abzurammen ist.

Der Unterbau ist in der richtigen und zwar nicht allzu starken Wölbung herzustellen. Wenn das aufzubringende Kleinpflaster Erfolg versprechen soll, muß die Wölbung der dem Steinpflaster als Unterlage dienenden Steindecke der zukünftigen Oberfläche des Kleinpflasters genau entsprechen. Das Walzen hat daher genau nach

der Schablone zu erfolgen und kann dann der Unterbau gewissermaßen als Lehre für das Kleinpflaster dienen.

Der Zeitpunkt der Aufbringung des Kleinpflasters auf regulierte und neue Steinschlagdecken ist von verschiedenen Umständen abhängig. Wenn bei Neubauten der Unterbau infolge von Dammschüttungen oder Aufgrabungen noch nachgiebig ist, ist mit der Aufbringung des Kleinpflasters so lange zu warten, bis die Decke unter der Einwirkung der Verkehrs- und Witterungseinflüsse die erforderliche Tragfähigkeit erreicht hat. Dieser Fall liegt vielfach in den Straßen der Großstädte vor, in denen infolge Einlegung von Leitungen ein Senken des Bodens über den Gräben stattfindet und die Straße während des Anbaues der Straße durch die Baufahren sehr in Anspruch genommen wird. Hierbei rechnet man mit einer mehrjährigen Dauer und schafft einen provisorischen Zustand, indem man von Anfang an die Decke tiefer legt und die Fußwege nach erfolgtem Anbau von Häusern auf die richtige Höhenlage bringt. Auf diese Weise entstehen durch die Nachbesserungen der provisorischen Decke, durch nachträgliches Heben der Einbauten und Einbauen von Bordsteinen höhere Kosten. Dem steht der Vorteil gegenüber, daß beim Aufsetzen der Pflasterung der Boden sich hinreichend gesetzt hat, der Unterbau hinreichende Tragfähigkeit besitzt, und bei der neuangelegten Kleinpflasterdecke Beschädigungen durch Baufahren vermieden werden.

Bei Landstraßen, wie z. B. in der Rheinprovinz, hält man es für am zweckmäßigsten, eine völlig neue und festgewalzte Straße sofort mit Kleinpflaster zu belegen. Dies kann indessen aus Sparsamkeitsrücksichten nicht geschehen, vielmehr muß die neue Decke erst ein bis zwei Jahre dem Verkehr ausgesetzt werden und sind infolgedessen Ausbesserungen nicht zu umgehen. Wenn selbst Zweifel über die Tragfähigkeit einer neu angelegten Chausseierung nicht bestehen, findet man in der Praxis die Anschauung vertreten, daß es zunächst an der erforderlichen Dichtung fehlt, erst im Laufe einer gewissen Zeit unter der Einwirkung des Wassers und des Verkehrs eine hinreichende Zusammenpressung und Dichtung der Decke eintritt und deshalb eine neue Chausseierung erst einige Jahre liegen bleiben muß, ehe das Kleinpflaster aufgebracht werden kann. So ist z. B. in Rheydt eine einjährige Liegedauer des Unterbaues vorgesehen. Daß der Verkehr in dieser Hinsicht von größerer Einwirkung ist als die Arbeit der Dampfwalze, kann einem Zweifel nicht unterliegen. Doch sind andere wie Funk\*) der Meinung, daß bei sorgfältiger Herstellung eine vollständige Fugenfällung und Wasserdichtigkeit der Chausseierung eintritt und eine sofortige Aufbringung der Chausseierung unbedenklich ist.

Beobachtungen und Erfahrungen an bestehenden Straßendecken, welche aufgerissen, reguliert, eingewalzt und unmittelbar darauf mit Kleinpflaster belegt wurden, lassen darauf schließen, daß in dieser Hinsicht Bedenken nicht bestehen.

In besonderen Fällen hat man als Unterbau für Kleinpflaster auch eine Betonunterbettung hergestellt. Dies ist in der Provinz Brandenburg insbesondere dort geschehen, wo wie in Städten Steinschlagbahnen nicht vorhanden waren. Auch in der Provinz Schlesien diente eine Betonschicht vielfach als Unter-

\*) Funk: Die notwendige Festigkeit und Dichtigkeit der Unterlage für Kleinpflaster. „Der Steinbruch“, Jahrg. 1914 S. 46.

bettung. In Bernburg hat man bei Straßen im Überschwemmungsgebiet davon Gebrauch gemacht. Im übrigen hat man in Königsberg, Stade, Nienburg, Lingen, Vessau, Verden allgemein auf Brücken, wo es auf eine wasserdichte Unterlage besonders ankam, eine Betonunterlage verwendet. In Gleiwitz wurde eine Betonunterbettung auf nicht regulierter Steinschlagbahn hergestellt. In der Stadt Freiburg i. Br. ist bei einer Probestrecke, wo Kleinpflaster zwischen den Schienen der Straßenbahn verwendet wurde, der Unterbau aus Beton zur Ausführung gebracht worden. In Delmenhorst wurde altes Findlingspflaster mit magerem Zementbeton abgeglichen. In Breslau wurde in verkehrsreichen Stadtstraßen eine Betonunterbettung gewählt und findet sich eine solche auch in anderen Städten wie Königsberg, Charlottenburg, Potsdam, Braunschweig, Hildesheim, Eisenach, Nürnberg, Fürth und Dresden. In Altona wurde auf einer stark abschüssigen Strecke Riesbeton verwendet.

Die Stärke der Betonunterbettung wurde in Altona auf 10 cm, in der Provinz Brandenburg auf 16—20 cm, in Bernburg auf 15—20 cm bemessen. In Breslau hat man die Betonunterlage 10—15 cm stark gemacht. In Städten wie Dresden, Königsberg, Fürth hat man eine Stärke von 15 cm, in Potsdam früher eine solche von 12—15 cm und jetzt von 16 cm, in Braunschweig eine solche von 16 cm zugrunde gelegt. In Charlottenburg, Essen, Hildesheim und Eisenach ist man bis auf 20 cm hinaufgegangen.

Das Mischungsverhältnis des Betons wurde bei den verschiedenen Verwaltungen zwischen 1 : 8 bis 1 : 10 gewählt.

Während in der Provinz Hannover der festgewalzte Steinschlagunterbau ausreichte und nennenswerte Erfahrungen über die Herstellung des Unterbaues aus Beton nicht vorliegen, wird er von anderer Seite für zweckmäßig erachtet.

Im allgemeinen empfiehlt sich bei städtischen Straßen eine zusammenhängende Betonunterlage nicht, weil nicht nur ihre Herstellung, sondern auch ihr Aufbruch und ihre Wiederherstellung recht kostspielig sind und weil sie die Zugänglichkeit und die weitere Benützung des Straßenuntergrundes zur Anlage von Versorgungsleitungen sowie des Auffindens undichter Stellen von Gas- und Wasserleitungsröhren recht erschwert. In Magdeburg hat man besonders in engen Straßen, in denen Pflasteraufbrüche wiederholt zu erwarten waren, sowie in Straßen, die aus dem oben angeführten Grunde keinen Steinschlagunterbau erhalten konnten, 17 cm hohe und 30 × 25 cm große Betonprismen gewählt, die trocken verlegt und deren enge Fugen mit feinem Ries vollgeschlämmt wurden. Auch in Braunschweig ist der Unterbau einer Kleinpflasterfläche aus 17 cm hohen Betonklöben gebildet worden. Die Verwendung von Betonunterbau in den Städten erstreckte sich im übrigen auf solche Straßen, die eine Steinschlagbahn nicht besaßen und auf denen auch die Herstellung eines Steinschlagunterbaues nicht gut möglich war, weil dieser wegen vorhandener Hydrantenkasten und dergleichen nicht hätte festgewalzt werden können.

Wenn auch verschiedene Arten von Unterbau in Gebrauch sind, so handelt es sich doch in allen Fällen um einen solchen von fester Art. Das auf einer festen Unterbettung ruhende Kleinpflaster entspricht somit in technischer Hinsicht den Anforderungen

der modernen Bauweise, welche eine obere, von Zeit zu Zeit zu erneuernde Abnutzungsschicht und eine dauernde Tragschicht verlangt. Dieser Voraussetzung ist bei Großpflaster auf Sandunterbettung nicht entsprochen, und ist dieses daher von einer unvollkommenen und unzuverlässigen Bauart.

## Bettung.

### a) Sand- bzw. Kiesbettung.

Wie beim Großpflaster wird auch beim Kleinpflaster zwischen den Steinen und dem Unterbau eine besondere Zwischenlage aus verschiedenartigen Stoffen eingeschaltet. Diese besteht in Deutschland meist aus Sand oder Kies. Manche Behörden wählen für diese Zwischenschicht einen reinen, scharf- und grobkörnigen Sand, der keine erdigen Bestandteile enthält. Andere empfehlen, statt Sand feinkörnigen Kies zu verwenden. Wieder andere halten Sand mit etwas Bindestoff für den besten Pflasterunterbettungsstoff, weil sie die Erfahrung gemacht haben, daß scharfer gewaschener Sand bei andauernder Trockenheit leicht in Bewegung gerät und ein auf längere Zeit locker bleibendes Kleinpflaster liefert. Deshalb wurde in Heppenheim (Rheinland) mit Basaltmehl vermischt. Auch mit etwas lehmhaltigen Sand sind in Frankfurt a. M. keine schlechten Erfahrungen gemacht worden. Meistens hat sich eine Bettung aus nicht zu grobem Kies am besten bewährt.

Über die der Sandbettung zu gebenden Stärke ist man in der Praxis verschiedener Meinung. Im Anfang wurde in Stade die Sand- oder Rieseschicht 4—5 cm hoch gewählt. Diese oder eine etwas geringere Stärke halten verschiedene Baubehörden auch jetzt noch für zweckmäßig. In Krotoschin wird eine Sandschicht bis zu 5 cm Höhe zugelassen und haben sich dabei keine Anzutraglichkeiten herausgestellt. In Salzingen gilt das Maß von 5 cm noch als Höchstmaß. In der Stadt Braunschweig bemißt man die Höhe der Grundunterbettung je nach der Höhe der Steine auf 4—5 cm. Nach der in Essen geltenden Anschauung dämpft das auf eine Sandschicht von 3 cm Stärke verlegte Kleinpflaster den Schall besser als das auf Betonunterbettung gesetzte. Bei dem Landesbauamt Güstrow wird bei Basalt eine Bettung von 3—6 cm in losem Zustande für zweckmäßig gehalten. In der Provinz Ostpreußen ist eine Unterbettung aus kiesigem Sand in 3—4 cm Stärke üblich. In Bernburg wird bei Betonunterbettung eine Stärke von 3 cm für erforderlich gehalten, da sonst das Pflaster beim Befahren hart erscheint und auch das Verkehrsgeräusch wächst. In Parchim hat sich bei ungleichmäßigem Findlingsmaterial eine etwa 3 cm hohe Sandunterbettung als vorteilhafter erwiesen als die früher gewählte, nur 1,5 cm hohe. Bei den Landesbauämtern in Celle, Flensburg und Straßburg werden die Steine in eine 2—3 cm hohe bzw. 2,5—3 cm hohe Sandschicht versetzt.

Während man auf der einen Seite der Meinung ist, daß bei einer stärkeren Unterbettung als 2 cm sich die Fugen von unten auf besser füllen, wird von anderer Seite dem entgegengehalten, daß das reichliche Unterstopfen mit Sand von Übel ist. Bei stärkerer Sandbettung entstehen leichter Versenkungen sowie Verdrückungen und Unebenheiten der Oberfläche. Damit werden Angriffspunkte für die raschere

Zerstörung der Steine geschaffen, und tritt auch bei aufgehendem Frostwetter unter Umständen ein wellenförmiges Verschieben der Pflasterdecke ein.

Gegen die Einführung einer zu schwachen Unterbettung von nur 1 cm Stärke wird in Güstrow angeführt, daß bei derartigen Versuchen die Kleinsteine auf der vollkommen festen Betonunterlage zu leicht zerdrückt wurden. Viele Baubehörden sind indessen der Meinung, daß die Haltbarkeit einer Kleinpflasterdecke um so größer ist, desto niedriger die Zwischenlage gewählt wird. Bei den Landesbauämtern in Königsberg, Stade, Verden, Helmstedt und Dresden ist man der Meinung, daß die Sand- oder Kiesunterbettung höchstens 2 cm und unter Umständen nur in lockerem Zustande sein darf. In der Provinz Hannover wird es für dringend erforderlich erachtet, die Sand- oder Kiesbettung so dünn wie irgend möglich, und zwar etwa 1—2 cm stark zu machen. Im Bereich des Bezirksverbandes Wiesbaden wird das Sandbett möglichst schwach, und zwar im Mittel 1,5 cm stark gehalten. Auch nach der Meinung bei verschiedenen Stadtverwaltungen ist ein geringes Maß Vorbedingung für die Haltbarkeit und muß nach den Ansichten in Aachen, Mainz, Erfurt, Kassel, Remscheid, Lübeck, Freiburg i. Br. die Kiesbettung gleichmäßig und in nicht mehr als 2 cm Stärke aufgebracht werden.

Als Grund für eine möglichst schwache Sandunterbettung von höchstens 2 cm Stärke wird angeführt, daß das Bettungsmaterial nur die unvermeidlich kleinen Unebenheiten und Fugen ausfüllen und zur Ausgleichung des Höhenunterschiedes der verwendeten Steine dienen soll. Auf diese Weise werden Setzungen des Pflasters vermieden und wird die Erhaltung einer ebenen Oberfläche begünstigt. Eine möglichst schwache Bettung empfiehlt sich auch, damit die Steinsetzer ungleich hohe Steine nicht nebeneinander versehen können.

### β) Bettung aus einer bituminösen Mischung.

In einigen Ländern, wo man längere Erfahrungen mit bituminösen Mischungen hat wie in England, wird auf den alten Makadam eine Lage von geteerter Kalkstein- oder Schlackengrus bis zu einer Stärke von etwa 2 cm aufgebracht und werden hierauf die Steine gesetzt. In Birmingham hat man guten Erfolg dadurch erzielt, daß man 7 cm hohe Granitwürfel auf eine bituminöse Masse von 4 cm Stärke verlegte. Die Steine wurden dann in dieses bituminöse Polster mit einer Handramme gut eingerammt und vollständig fest gemacht. In Amerika besteht das Polster aus zerkleinerten feinkörnigen Eruptivgesteinen (Trappfelsen) und wurde dieses mit Kohlenteerpech gefüllt.

### γ) Bettung aus Sand mit Zementzusatz.

Als Material für die Zwischenlage hat in den meisten Fällen feiner Sand und Kies ohne jegliche Beimengung anderer Stoffe gedient. In verschiedenen Fällen hat man jedoch sowohl bei altem Steinschlagunterbau als auch bei Betonunterbettung den Pflasterand mit Zement trocken gemischt. Das ist in Meißner und Guben auf Brücken zur Herstellung einer undurchlässigen Schicht, in Kassel nur bei der ersten Ausführung, in Leipzig nur auf einer kleinen Fläche geschehen. In Wiesbaden und Bonn wurde nur versuchsweise auf einzelnen Strecken dem

Pflaster sand Zement zugefugt. In der Provinz Brandenburg wird auch in der Gegenwart das Kleinpflaster trocken in Zementkies versetzt. In Potsdam hat man im Jahre 1912 davon Gebrauch gemacht, in Mühlhausen i. Th. dagegen wurde das Verfahren vom Jahre 1910 aufgegeben. In der Stadt Breslau werden die Steine in die erdfeuchte Pflasterbettung aus einem Teil Zement und neun Teile scharfen Odersand soweit eingerammt, daß die Fugen auf  $\frac{2}{3}$  frei bleiben.

Das Mischungsverhältnis ist bei den einzelnen Verwaltungen ein verschiedenes. In Potsdam wurde eine Mischung 1 : 3, in Fürth 1 : 5, in Mühlhausen und Rassel 1 : 10 und in Guben eine solche von 1 : 15 angewendet.

Durch den Zusatz von Zement ist in Bonn eine Verbesserung der guten Lage und der Haltbarkeit des Pflasters nicht erzielt worden, und war auch die Anwendung in Leipzig ohne erheblichen Erfolg. In Guben soll die Maßnahme sich jedoch sehr gut bewährt haben.

In Posen wurden die Kleinpflastersteine auf Betonunterbettung in ein 3—5 cm hohes Riesbett gesetzt, dem in trockenem Zustande Zement beigemischt wurde. Während des Rammens wurde Wasser eingeschlämmt, so daß der Zement zum Abbinden und das Riesbett zum Erhärten gebracht wurde. Schließlich wurden die Fugen noch mit Zementmörtel geschlossen und gedichtet. Derartige Pflasterungen haben zu lebhaften Klagen über das starke Geräusch geführt und mußten deshalb wieder aufgegeben werden. Statt dessen werden später die Steine auf neue Chauffierung und in reine Riesbettung gesetzt.

#### d) Bettung aus einer Schicht von Zementmörtel.

Ein anderes — sonst nicht übliches — Verfahren zur Herstellung einer Zwischenschicht ist in der Provinz Schlesien seit etwa 10 Jahren angewendet worden. Wenn die zu pflasternde Strecke nicht auf längere Zeit gesperrt werden konnte, wie dies im ober-schlesischen Industriebezirk und in den engen Gebirgstälern der Fall ist, wurde auf die, dem Pflasterprofil parallele Oberfläche eine 3 cm starke Zementmörtelschicht aufgebracht. Dann wurden die Steine gesetzt und das Pflaster vor dem Abbinden des Mörtels profilmäßig abgerammt und die Fugen mit Zementmörtel in ganzer Höhe vergossen. Auf diese Weise entsteht eine vollkommen starre Decke, welche sich gut bewährt hat.

Während durch die gewöhnliche Sand- bzw. Riesbettung und eine bituminöse Schicht eine gewisse Elastizität der Fahrbahn gewahrt bleibt und die Stoßwirkungen möglichst gemildert werden, ist dies bei Zementbeimengungen nicht mehr der Fall und entsteht eine starre Einbettung mit verschiedenen Nachteilen. In einzelnen Fällen wie in der Provinz Brandenburg sind die Ansichten, ob die Versetzung auf Kies oder Kleinschlag oder in Beton hinsichtlich der Elastizität und Haltbarkeit empfehlenswert ist, noch geteilt. Im allgemeinen wird die Sand- oder Riesunterbettung für hinreichend erachtet und bevorzugt.

## B) Wölbung, Art der Verlegung und Fugenausfüllung. Wölbung.

Für die Dauerhaftigkeit des Kleinpflasters, namentlich bei Steinen kleinen Formats, hält man in verschiedenen Fällen, wie Altona und Glauchau, eine etwas größere Wölbung als bei normalem Reihenspflaster für besonders empfehlenswert und legt eine solche von 1 : 20 der Ausführung zugrunde. Auch beim Bezirksverband Wiesbaden beträgt je nach der Lage das Quergefälle 4—5 Proz. Andererseits ist nicht zu verkennen, daß bei einer ebenen Steinbahn die Niederschläge schneller und vollständiger abfließen als bei einer weniger ebenen. Die Wölbung einer ebenen Kleinpflasterbahn kann daher merklich geringer als bei Steinschlag und Großpflaster sein. Eine flache Wölbung liegt auch im Interesse des Verkehrs und trägt zur gleichmäßigen Abnutzung der Steinbahn bei. Nach Voiges sollte die für Kleinpflaster bestimmte Querschnittsform eine Wölbung von 1 : 33 bis 1 : 50 der Breite erhalten. Für breite und ebene Straßen kann unter Umständen die Wölbung noch geringer sein.

Die Wölbung erfolgt nach einem Kreis- oder Parabelbogen. Von manchen wird die parabolische Querwölbung, namentlich bei Stadtstraßen, vorgezogen und besonders bei Verwendung von Basaltkleinsteinen empfohlen. Die letztere Anordnung gibt nach Scheuermann die Möglichkeit, das Quergefälle nach den Rinnen aus Großpflaster zu ebenfalls schwach zu halten und damit zur Schnee- und Frostzeit das Schleudern und Gleiten der Wagen sowie das Abrutschen der Zugtiere nach den Rinnen zu in wirksamer Weise zu verhindern.

Im übrigen kann man bei Landstraßen diesen theoretischen Erwägungen im allgemeinen Rechnung tragen. Bei städtischen Straßen ist man an die Höhenlage der Randsteine und der bestehenden Chaussierung vielfach gebunden und muß sich mit der Wölbung meistens den bestehenden Verhältnissen anpassen.

### Sortierung der Steine nach der Höhe.

Um ein möglichst ebenes Pflaster zu erhalten, müssen die Kleinsteine der Höhe nach gut sortiert werden. Werden verschiedenartig hohe Steine nebeneinander gesetzt, so werden die meistens auffizigenden hohen zertrümmert, und läßt sich erfahrungsgemäß bei einem Höhenunterschied der Steine von 2 cm und mehr ein dauernd gutes Pflaster nicht erzielen. Da die Steine mit einem Spielraum von 2 cm geliefert werden, ist es geboten, die Steine vor der Verpflasterung nach annähernd gleichen Höhen zu sortieren. Am besten erscheint es nach Gravenhorst, die Steine gleich bei oder nach der Anfertigung im Steinbruch nach drei Sorten zu sortieren und dann so zu beziehen, daß ihre Höhe der vorhandenen Größe des Verkehrs entspricht. In dieser Weise werden bei einigen Landesverwaltungen, wie Diez, die Steine getrennt in Eisenbahnwaggonen nach zwei Größen, und zwar nach 8 und 9 bzw. 9 und 10 cm Höhe oder, wie in Heppenheim, je zur Hälfte zur Anlieferung gebracht. Wenn dies nicht der Fall ist, sind die Steine vor ihrer Verwendung auf der Baustelle nach ihrer Höhe sorgfältig und genau zu sortieren und nur möglichst gleich hohe Steine nebeneinander zu verpflastern. Dies geschieht in Darmstadt und Groß-Gerau in der Weise, daß die annähernd gleichen Höhen von 8 und 9 oder 9 und 10 cm innerhalb derselben Straße auf verschiedenen Strecken verpflastert werden. Es wird somit ein Teil der Straße nur mit 8—9 cm



Abb. 6. Anordnung von Einfassungssteinen.



Abb. 7. Alte, abgeschlammte, noch nicht aufgelockerte und regulierte Steinschlagdecke.



Abb. 8. Mittelfst Spitzhacke aufgelockerte Steinschlagdecke.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

hohen, der übrige Teil mit 9—10 cm hohen Steinen belegt. Bei der Landesbauverwaltung Krotoschin und Offenbach verlegt man die Steine von geringerer Höhe an den Randsteinen, diejenigen von größerer Höhe in die Fahrbahnmitte.

### Art der Verlegung.

Das Versehen der Steine erfolgt in verschiedener Art, entweder geschiebepflasterartig — wobei die einzelnen Steine wie Mosaik möglichst eng aneinander gesetzt werden — oder auch in bogenförmigen Reihen, wobei die einzelnen Steine möglichst guten, zuweilen auch unregelmäßigen Verband erhalten sollen und auf diese Weise fächerartige Flächen entstehen. Schließlich kommen die Steine auch noch in Form von Reihenpflaster zur Verlegung.

Die mosaikartige Verlegung (Abb. 10) findet Anwendung und wird bevorzugt bei den Landesbauverwaltungen Hannover, Stade, Verden, Celle, Lingen wie überhaupt in der Provinz Hannover, ferner in Flensburg, Heide, Danzig, Mohrungen, Gnesen, Guben, Brandenburg, Neu Ruppin, Schwerin, Güstrow, Waren, Grabow, Parchim, Lübeck, Bernburg, Dessau, Frankenhäusen, Leipzig, Kreuznach, Wiesbaden, Bensheim. Nienburg verlegt in wilder, Helmstedt in unregelmäßiger Form, Erfurt mosaikartig und wild. In den Städten gelangt die mosaikartige Verlegung Anwendung in Stettin, Stralsund, Charlottenburg, Potsdam, Magdeburg, Flensburg, Altona, Braunschweig, Dortmund, Essen, Duisburg, Delmenhorst, Salungen, Erfurt, Glauchau und auch im allgemeinen in Dresden. Bromberg verlegt unregelmäßig, Hannover wild.

Von der bogenförmigen Verlegung (Abb. 11) machen Gebrauch die Landesbauverwaltungen wie Krotoschin und größtenteils auch Soest. Auch in Darmstadt, Offenbach, Groß-Gerau, Heppenheim gibt man den einzelnen Reihen die Bogenform, Sera und Waldeck verlegen segmentbogenartig. In Summersbach wird die bogenförmige Pflasterung für die bessere gehalten. Speyer verlegt größtenteils in Bögen, nur wenig in Mosaik. Von den Städten wird segmentbogenförmige Verlegung angewendet in Mühlhausen i. Th., überwiegend in Kassel, ferner in Witten, Essen, Wanne, Solingen, Hagen, Frankfurt a. M., Fürth, Freiburg i. Br. In Wiesbaden hat man konzentrische Ringform. In Hildesheim, Mühlheim a. Rh. und Nürnberg wählt man die Fächerform. In Gelsenkirchen und Mannheim wurde das Pflaster schuppenförmig (in flacher Bogenform), in Rheydt als Bogenmosaik, in Delmenhorst ein kleiner Teil im Schwalbenschwanzverband verlegt. Nach den Anschauungen in Hildesheim dürfte die fächerförmige Verlegung vor der nehartigen den Vorzug verdienen. In Remscheid wird der Verlegung in konzentrischen Halbkreisen der Vorzug gegeben. In Salungen haben sich Bögen nicht bewährt.

Bei anderen Verwaltungen finden sich beide Verlegungsarten. Beim Landesbauamt in Verden erfolgt die Verlegung in gekrümmten und unregelmäßigen Reihen, in annähernd konzentrischen Bögen und ganz unregelmäßig. Letztere Ausführung wird bevorzugt. Einem anderen Landesbauamt erscheint das Versehen der Kleinsteine in konzentrischen Reihen weniger empfehlenswert. In Dieß hat man in den ersten Jahren teils mosaikartig, teils bogenförmig, später nur bogenförmig verlegt. Krotoschin, Idstein, Straßburg verlegen je nach dem verwendeten Steinmaterial

mosaikartig oder bogenförmig. Auch in den Städten Danzig, Wandsbek, Bonn und Aachen erfolgt die Verlegung sowohl mosaikartig, als auch in Segmentbogenform oder in konzentrischen Halbkreisen (Fächerform), in Aachen wild und fächerförmig. In Eisenach wurde in Fächer- und Bogenform, mosaikartig und auf Schwalbenschwanz gearbeitet.

Neben diesen unregelmäßigen Formen kommt auch die in regelmäßigen Reihen, wie beim *Reihenpflaster* vor. In der Provinz Ostpreußen wird eine Reihenpflasterung möglichst vermieden. Sie läßt sich jedoch bei der fast ausschließlich vieredigen Gestaltung des Kopfes nicht ganz vermeiden. Bei den Landesbauverwaltungen im Königreich Sachsen ist dagegen die Form des Reihenpflasters am meisten üblich. In Dresden legt man das Pflaster zum Teil mosaikartig, meist aber in Diagonalreihen. Pirna, welches anfänglich kein Reihenpflaster verlegte, verlegt jetzt ebenso wie Bittau und Schwarzenberg nur noch als Reihenpflaster, Gleiwitz zum größten Teil als Reihenpflaster, sonst mosaikartig, Bautzen meist mosaikartig, seltener in Reihen. Auch in Städten wie Breslau, Potsdam und Danzig, teilweise auch in Magdeburg ist das Kleinpflaster nach Art des Reihenpflasters verlegt worden. In Guben (Abb. 12) erfolgte die Verlegung auch in Diagonalreihen. In Dresden ist das Kleinpflaster innerhalb des Gleisbereiches der Straßenbahn reihenförmig verlegt worden.

Über die Vorzüge und Nachteile der einen oder anderen Art der Verlegung sind die Meinungen geteilt. Man ist sich darüber einig, daß das Verlegen der Pflastersteine möglichst unter einem Winkel von 45 Grad zur Fahrtrichtung erfolgen soll. Nach Ansicht von Gravenhorst fallen bei der Anordnung in Bogenform die Diagonalen der Steinköpfe vielfach mit der Fahrtrichtung zusammen und ergibt sich ein Pflaster, bei dem die einzelnen Reihen hier und da gleichsam mit Verzahnung ineinandergreifen. Die mosaikartige Herstellung ist der Verlegung in Bogenform besonders deshalb vorzuziehen, weil sie ein dauerhafteres Pflaster abgibt. Gravenhorst empfiehlt eine sich dem Reihenpflaster nähernde mosaikartige Pflasterung, wobei ein Verband sowohl in der Längsrichtung der Straße als auch in deren Querrichtung zu erstreben sei. Im Gegensatz hierzu behaupten andere wie Voiges, daß gerade bei der Verlegung in bogenartigen Linien rechtwinkelig gegen die Straßenachse gerichtete Reihen vermieden werden. Auch in England werden die Steine in Bögen derart gelegt, daß sie möglichst einen Winkel von 45 Grad gegen die Verkehrsrichtung bilden. Während man in Altona der Meinung ist, daß bei der bogenförmigen Anordnung zu weite Pflasterfugen entstehen, hält man in Darmstadt bei sorgfältig zugerichteten Kleinsteinen die bogenförmige Verlegung für besser als die mosaikartige, weil jene ohne Mehrkosten einen solideren Verband und engere Fugen ermöglicht. In Bonn sind Kleinsteine größeren Formats mosaikartig, die Steine kleineren Formats zum Teil in konzentrischen Halbkreisen verlegt worden. Nach anderen gibt die Ausführung in Bogenform bezüglich des Verbandes ein besseres Pflaster und erleichtert auch die Pflasterarbeit, da die Pflasterer um sich herum arbeiten können. In Wiesbaden werden in steigenden Straßen die Scheitel der konzentrischen Ringe zu dem Zweck bergwärts gerichtet, damit von oben herabfließendes Wasser auf diese auftritt und den Ringkrümmungen folgend, rascher den beiderseitigen Straßenrinnen zustrebt. In dieser Anordnung soll das

Kleinpflaster den Zugtieren der bergauffahrenden Fuhrwerke einen besseren Halt gewähren.

Nach Gravenhorst müssen längliche Kleinsteine mit ihrer längeren Seite rechtwinkelig zur Straßenrichtung aufgesetzt werden, weil sie sich dann länger halten und nicht so leicht durch den Radruck zertrümmert werden. Die Verlegung in kurzen Diagonalreihen soll sich in Eisenach gut bewährt haben.

Während einige der Meinung sind, daß die Bogenform ein unruhiges Bild gibt, glauben andere, daß auf diese Weise auch bezüglich des Aussehens ein besseres Pflaster erzielt wird. In Schlesien ist man der Ansicht, daß ein Pflaster aus unregelmäßigen Steinen mit polygonaler Oberfläche nicht den schönen Anblick wie das Reihensteinpflaster bietet.

Ob überhaupt von einem nennenswerten Vorzug der einen oder anderen Art die Rede sein kann, ist nicht erwiesen. Mehrfach ist bei den Baubehörden wie Diez, Aachen und Bonn ein Unterschied zwischen der mosaikartigen und der bogenförmigen Pflasterung in bezug auf die Haltbarkeit des Pflasters nicht gefunden worden. Welche Art den Vorzug verdient, richtet sich vermutlich nach der Art und Güte der Bearbeitung und der Größe der einzelnen Steine, sowie nach der Geschicklichkeit und Übung der Pflasterer.

Wiederholt wird darauf hingewiesen, daß die Güte des Kleinpflasters wesentlich von der Zuverlässigkeit der Steinseher abhängt. Da das Sehen eines jeden Steines unmöglich überwacht werden kann, empfiehlt es sich, wenn irgend möglich, nur solchen Steinsehern das Pflastern zu übertragen, die in der Herstellung von Kleinpflaster eine besondere Übung besitzen. Die Kleinsteine werden mit dem Sechhammer in die Unterbettung eingetrieben. Gerät hierbei ein Stein unter die Straßenoberfläche, so darf das Pflasterbett unter ihm nicht etwa erhöht werden, um eine möglichst ebene Oberfläche zu erhalten, sondern es ist dieser Stein durch einen anderen von passender Höhe zu ersetzen. Auch Steine, die die Straßenoberfläche stärker überragen, sind wieder herauszunehmen.

### Fugen = Ausfüllung.

Das Pflaster wird mit tunlichst engen, höchstens 3 mm weiten Fugen hergestellt. Als Material für die Ausfüllung der Fugen wird überwiegend reiner (gewaschener) und grober Sand oder feinkörniger Kies verwendet und kann man daraus entnehmen, daß im allgemeinen günstige Erfahrungen damit gemacht wurden. In verschiedenen Gegenden ist dies jedoch nicht der Fall gewesen. Nach den Erfahrungen in der Rheinprovinz wird Füllsand bald gemahlen und gibt zu Lockerungen des Pflasters, zum Ranten und infolgedessen zur rascheren Zerstörung der Steine Anlaß. Auch nach den in der Provinz Schlesien gemachten Beobachtungen bietet das Schließen der Fugen mit Sand keine vollkommen sichere Gewähr für ein dauernd gutes Pflaster. Die Gummireifen der Automobile ziehen durch ihre saugende Wirkung den Sand aus den Fugen und berauben die Steine ihres festen Haltens. Infolgedessen werden die Ranten abgefahren und wird das ganze Pflaster in unverhältnismäßig kurzer Zeit schlecht.

In einigen Fällen wurde ein etwas bindefähiger Sand für zweckmäßig erachtet. So wurde in Idstein ein leicht tonhaltiger, in Frankfurt a. M. ein etwas lehmhaltiger Sand verwendet.

In England wie in Amerika wird es unter Umständen für nützlich gehalten, die Fugen mit Zement oder einer bituminösen Masse aus Teer und Pech auszugießen und zu dichten. In Birmingham wurden die Fugen mit einer Mischung von Pech und Öl gefüllt. Bei der Versuchsstrecke in der Nähe von London bestand die Vergußmasse aus Kohlenteerpech, welches mit Kreosot oder Öl versetzt und dem etwa 30 Proz. feiner trockener Sand zugesetzt war. Die dünn angemachte Mischung wurde in kochendem Zustand auf die Oberfläche gebracht und mit Guummischiebern in die Fugen getrieben. Die Oberfläche wurde dann mit heißen Steinstückchen bedeckt, bevor die Dichtungsmasse sich gesetzt hatte. In Amerika wurde zermahlener Trappfels mit Kohlenteer gemischt und die Mischung bei einer Temperatur von  $149^{\circ}$  C in die Fugen eingegossen.

In Speyer hat man auf einer Fläche die Fugen mit einer Asphaltmasse ausgegossen.

Wenn es sich darum handelt, eine vollkommen wasserundurchlässige Decke zu erzielen, wird statt Sand oder Grus ein Gemisch von Sand und Pech eingebracht. Die Ausführung kann indessen nur bei trockener Witterung erfolgen.

In den letzten zehn Jahren hat man in Schlesien zur Vermeidung der Uebelstände bei Sandfüllung die Fugen mit Zementmörtel in ihrer ganzen Höhe vergossen. Wenn eine längere Sperrung der Pflasterstrecke etwa durch Umleitung des Verkehrs möglich war, wurden die Steine mit trockenem Zementmörtel ausgefüllt und dann dieser durch dauerndes Anfeuchten zum Abbinden gebracht und erst nach seiner vollständigen Erhärtung der Verkehr über das Pflaster geleitet. Auch in der Provinz Brandenburg wird das Kleinpflaster teilweise mit Zementkies in der Mischung 1 : 3 nach Annäherung eingesetzt. Bei den Landesverwaltungen in Gleiwitz und Verden hat man auf Brücken einen Fugenverguß in der Mischung 1 : 2 bzw. 1 : 3 angewendet. In Waldeck wurde zur Dichtung der im Pflaster liegenden Droschkenhalteplätze Zement trocken mit dem Pflasterand vermischt. In Bernburg wurde im Überschwemmungsgebiet Zementmörtel eingeteert und in Straßburg versuchsweise Zementmörtel in der Mischung 1 : 1 verwendet.

Auch bei den Stadtverwaltungen macht man von dem Zementverguß Gebrauch. So werden in Breslau bei starker Beanspruchung des Pflasters die Fugen nach sorgfältiger Reinigung allgemein mit Zementmörtel in der Mischung 1 : 1 vergossen und sind erst neuerdings Versuche gemacht worden, die Fugen ohne Verguß herzustellen. In Danzig wurden bei Straßen mit Gefällen von 1 : 30 bis 1 : 15 die Rinnsteine mit Zementmörtel in der Mischung 1 : 7 vergossen. In Braunschweig wurde Zementmörtelverguß bei einigen zwischen Straßenbahnschienen belegenen Kleinpflasterflächen sowie bei Einfahrten und dergleichen angewendet. In Charlottenburg, Wiesbaden und Nürnberg hat man die Kleinsteine zum Teil mit Zementmörtel vergossen. Der Zementausguß ist sonst noch in Dresden, Essen, Mühlhausen i. Th. und Potsdam in der Mischung von 1 : 1 oder auch 1 : 2 üblich.

Während der Zementverguss sich in Wiesbaden nicht bewährt hat, hebt man in der Provinz Schlesien hervor, daß das in Zementmörtel gefegte Pflaster selbst bei sehr starkem und schwerem Verkehr eine große Widerstandsfähigkeit besitzt und voraussichtlich auch sehr dauerhaft sein wird.

Die Einbringung von Zement in die Fugen erscheint insofern unzweckmäßig, als dadurch die Elastizität des Pflasters verloren geht und das Pflaster sich härter befährt. Außerdem bedarf der Zement einiger Zeit der Erhärtung und wird die Übergabe des Pflasters an den Verkehr verzögert. Schließlich entstehen auch größeres Verkehrsgeräusch und höhere Kosten.

Die Herstellung des Pflasters erfolgt entweder in voller Breite oder, wenn während der Ausführung der Verkehr aufrecht erhalten bleiben muß, auch halbseitig. In letzterem Falle werden als vorläufiger Abschluß 10 cm hohe Ranthölzer eingelegt und die beiden Straßenhälften je nach der Straßenbreite 50 bis 75 m lang wechselseitig vorgetrieben.

Nach Beendigung der Pflasterarbeit — nicht etwa schon während derselben — wird eine Schicht Sand oder Kies über das Pflaster ausgebreitet und unter Benutzung von Piassavabesen so lange eingeschlämmt, bis sämtliche Fugen vollgefüllt sind. Dann wird das Pflaster reingefegt und mit einer einmännigen Handramme von 20 bis 25 oder auch 25 bis 30 kg Gewicht sorgfältig und kräftig abgerammt. Nach nochmaligem Abschlämmen mit Sand wird es so lange nachgerammt, bis jeder einzelne Stein einen durchaus festen Stand erreicht hat und das Pflaster die vorgeschriebene Wölbung und eine möglichst ebene Oberfläche aufweist. Bei dieser Gelegenheit sind alle durch den Rammstoß zersprungene Steine auszuwechseln. In Bonn ist es üblich, das Kleinpflaster mit Sandfugen nach dem Einrammen noch mit einer Dampfwalze zu befahren, weil hierdurch eine völlig ebene und von leichteren Fuhrwerken kaum noch zu verändernde Decke erzielt werden kann.

Vor Übergabe an den Verkehr wird das auf diese Weise hergestellte Pflaster mit einer 2 cm starken Sand- oder staubfreien Riesenschicht abgedeckt. Die Decklage wird einige Wochen, und zwar so lange unter dem Verkehr belassen, bis eine vollständige Füllung aller Fugen angenommen werden kann, erforderlichenfalls erfolgt ein nochmaliges Nachstampfen. Gravenhorst empfiehlt, in der ersten Zeit — je nach Umständen vier bis acht Wochen lang — Sperrsteine auszulegen.

## 4. Verhalten des Pflasters unter verschiedenen Verhältnissen.

### A) Klimatische Verhältnisse.

In einzelnen Landstrichen Deutschlands sind die klimatischen Verhältnisse bei Herstellung verschiedener Arten von Pflasterungen besonders zu berücksichtigen. Dies trifft besonders für das Klima von Norddeutschland zu, wo ein Wechsel von Frost und Tauwetter sehr häufig ist. So ist in dem feuchten Klima Schleswig-Holsteins die Vorbedingung für die Teerung, nämlich die Erzielung einer trockenen, warmen Fahrbahn durch länger anhaltendes trockenes Wetter, selten erfüllt. Auch in Ostpreußen ist bei

der nur kurzen, trockenen Jahreszeit die Vornahme von Teerungen sehr erschwert und in irgend einer der heute bekannten Ausführungsarten nicht geeignet. Auch die örtliche Lage ist von Bedeutung. Überall, wo die Straßen mangelhaft entwässert oder stark beschattet und daher fast immer feucht sind, empfiehlt sich die Teerung nicht. Auch gewöhnliche Steinschlagbahnen können für trockene, dem Luftzuge ausgesetzte Strecken haltbar sein, erweisen sich jedoch in feuchter Lage als wenig dauerhaft.

Für derart ungünstige klimatische und örtliche Verhältnisse ist Kleinpflaster vollkommen geeignet. Zunächst kann die Herstellung des Kleinpflasters bei jeder Witterung erfolgen. Lange Regengüsse bei der Herstellung haben sich unter Umständen als vorteilhaft erwiesen, indem regnerisches Wasser zur Konsolidierung der Unterbettung beiträgt. Nur wenn bei der Herstellung eine bituminöse Mischung verwendet wird, muß bei regnerischem Wetter das Wasser während der Arbeit von der Bettung und ebenso während der Zeit des Vergießens der Fugen von den Steinen ferngehalten werden. Wenn gewisse Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, kann die Herstellung selbst bei Frostwetter erfolgen. Die Art der Herstellung des Kleinpflasters bietet Gewähr dafür, daß es weder durch heiße Sommer, noch durch nassen Herbst oder kalte Winter irgendwie beeinflusst wird. Die Vorzüge desselben treten besonders bei nasser Witterung in Erscheinung und ist das Kleinpflaster in feuchten Lagen geboten.

In Pommern hat sich Kleinpflaster in feuchter Lage im Gegensatz zum Steinschlag als völlig dauerhaft erwiesen. In der Provinz Posen hat die Ausführung von Kleinpflaster besonders günstige Ergebnisse auf nassen Strecken im Walde oder in Hohlwegen gehabt, die nicht während des ganzen Jahres schweren industriellen Verkehr, sondern nur zeitweise regen und schweren Verkehr wie z. B. Rübenverkehr aufweisen. Auf diesen Strecken bietet die längere Lebensdauer der Kleinpflasterung gegenüber der Steinschlagdecke besondere Vorteile. Ebenso fallen auf Schotterdecken bei schwächeren Verkehr, also solchen von längerer Deckendauer die verhältnismäßig stärker in Wirkung tretenden zerstörenden Einwirkungen der Witterung bei Kleinpflaster nahezu weg.

## B) Aufbrüche infolge unterirdischer Leitungen.

Während die Landstraßen fast ausschließlich dem Verkehr und nicht oder weniger zur Aufnahme von unterirdischen Leitungen in Anspruch genommen werden, ist dies bei der Durchführung derselben in Ortschaften und namentlich bei städtischen Straßen immer der Fall. Infolgedessen werden in solchen Straßen zwecks nachträglicher Einlegung von Leitungen, Beseitigung von Rohrbrüchen unter dem Pflaster und dergleichen Arbeiten Aufgrabungen erforderlich, die zugleich die Entfernung und Wiederherstellung des Pflasters und der Unterbettung zur Folge haben. Beim Aufgraben wird der Zusammenhang im Pflaster sowohl wie in der festen Unterlage zerstört und machen sich bei der Wiederherstellung des Pflasters bedeutende Uebelstände bemerkbar. Jede Aufgrabung ist mit Senkungen verbunden und haben diese viele Ausbesserungen und schließlich die gänzliche Zerstörung des Pflasters zur Folge. Während man in Gelsenkirchen es als nicht von Bedeutung erachtet, wenn der Untergrund sorgfältig hergestellt wird, wird in Flensburg hervorgehoben, daß in der Nähe einer noch so

sorgfältig eingefüllten Grube der Zusammenhang des Pflasters auf Jahre hinaus gelockert wird und die dauernd wiederkehrenden Straßenaufbrüche die Lebensdauer des Kleinpflasters ungünstig beeinflussen. In Braunschweig hat sich die Umlegung verschiedener Kleinpflasterstrecken wegen Versackung des Pflasters infolge von Arbeiten an unterirdischen Straßenanlagen als notwendig herausgestellt. In Rheydt war das vorher tadellose Pflaster unter den Einwirkungen der Kanalisation fast verbraucht.

Man ist sich allgemein darüber klar, daß die Einlegung von Rohrleitungen irgendwelcher Art unter dem Kleinpflaster infolge der damit verbundenen Pflasteraufbrüche und die erhöhten Wiederherstellungskosten nach Möglichkeit zu vermeiden ist und empfiehlt, wenn irgend tunlich, alle zu erwartenden Straßenaufgrabungen behufs Verlegen und Instandsetzen von Entwässerungs- und sonstigen Leitungen rechtzeitig vor der Herstellung des Pflasters zu bewirken. Auch nachträgliche Aufgrabungen sind tunlichst zu vermeiden.

### C) Anschluß an Straßenbahngleise.

Die Haltbarkeit des Kleinpflasters ist von der dauernd guten Beschaffenheit des Unterbaues abhängig. Diese Voraussetzung ist bei Straßen mit Bahngleisen nicht erfüllt. Straßenbahngleise wirken allgemein infolge von Stößen und Erschütterungen, welche im Bahnbetriebe auf die Schienen ausgeübt werden, zerstörend auf die Unterbettung und damit auf das anschließende Fahrbahnpflaster. Bei dem ständig Bewegungen und Zerstörungen ausgefegten Unterbau und den seitlichen Schwankungen der Schienen besitzt das Kleinpflaster keinen genügenden Halt. Dadurch, daß die Pflastersteine sich lockern und von der Bettung abheben, tritt allmählich eine Zerstörung des Pflasters ein. Es ist deshalb an den Schienensträngen der Straßenbahn eine Kleinpflasterung nicht ratsam. Die Verwendung beschränkt sich nur auf solche Strecken, welche wenig befahren werden. Wenn Fuhrwerke auf den Gleisen spuren, besteht bei Weichgesteinen ein erhöhter Verschleiß.

Die Übelstände werden bei Einfügung von Besatzreihen aus Großpflaster von Hartgestein etwas gemildert, aber nicht behoben. Die Großpflastersteine setzen sich an den Kopf und auf den Fuß der Schiene gut an, so daß die Gefahr des Setzens unter dem Einfluß des Wassers weniger zu befürchten ist, wie bei unmittelbarem Ansetzen der niedrigen Kleinpflastersteine. In Gelsenkirchen hält man es für zweckmäßig, Kleinpflaster durch schmales Großpflaster zu ersetzen. Scheuermann schlägt vor, die Außenseiten der Schienenstränge mit einem etwa 50 cm breiten Großpflasterstreifen einzufassen, im Gleisinnern aber Kleinpflaster zu wählen.

### D) Steigungsverhältnisse.

Während anfänglich das Kleinpflaster bei vielen Verwaltungen nur auf ebenen Strecken verwendet wurde, ist man später auch zur Verlegung auf geneigten Strecken übergegangen. Im ersten Falle ist die Verkehrssicherheit sehr groß, im letzten Falle wird sie bei Überschreitung einer gewissen Steigung gefährdet, und wird dann das Kleinpflaster von den Fuhrleuten gefürchtet. Über die Grenze der zulässigen Steigung sind die Ansichten geteilt. Bei dem Landesbauamt in Hannover hält man die Anwendung

des Kleinpflasters bei Steigungen über 1 : 25 nicht für zweckmäßig. Nach den in der Provinz Westfalen geltenden Anschauungen wird Basalt bei stärkeren Steigungen als 1 : 25 auszuschließen und ein Material zu wählen sein, das eine rauhere Oberfläche hat. In Nürnberg hält man dafür, daß die Kleinpflasterdecke in Steigung bis zu 5 Prozent oder 1 : 20 zur Ausführung kommen kann und in Summersbach wird hervorgehoben, daß auf Straßen mit einer größeren Steigung als 1 : 20 das Kleinpflaster durch seine Glätte gefährlich werden kann. Bei den Landesbauämtern Wiesbaden und Idstein ist Kleinpflaster in Steigungen bis 5 Prozent angelegt, doch ist man der Meinung, daß Hartbasalt bei Steigungen über 5 Prozent nicht zu empfehlen ist. In der Rheinprovinz hat sich gezeigt, daß Straßenstrecken mit stärkerer Neigung als 1 : 20 für Kleinpflaster nicht mehr geeignet sind. Wiederholt haben stärker geneigte Strecken in Großpflaster oder in Schotterung zurückgewandelt werden müssen, weil die Zugtiere auf den Kleinpflastersteinen keinen hinreichenden Halt finden. Nichtsdestoweniger ist Kleinpflaster bei den Landesbauämtern in Wiesbaden und Diez auf Strecken bis zu 6 Prozent Steigung oder 1 : 14 verlegt worden und gibt man in Diez an, daß Kleinpflaster bei größerer Steigung nicht zu empfehlen ist. In Pirna soll sich bei einer im Jahre 1905 in einer Steigung von 1 : 50 bis 1 : 14 hergestellten Kleinpflasterstrecke eine Beeinträchtigung des schweren Verkehrs nicht herausgestellt haben, weil die zahlreichen Fugen den Pferdehufen guten Halt bieten.

In Plauen dagegen mußte eine Versuchsstrecke aus Hartbasalt von 16 m Länge in einer Steigung von 1 : 16 nach fünf Monaten durch Grünstein ersetzt werden, weil sich die Basaltsteine glatt gefahren und die Pferde vor den Lastwagen infolge der engen Fugen keinen Halt hatten. Da Grauwackesteine nicht so leicht glatt werden als Steine aus Basalt, wurde in Diez Grauwacke in Steigungen von 3 bis 6 Prozent verwendet und in Wiesbaden auf Strecken mit einer größeren Steigung als 3 Prozent bevorzugt.

Der Verkehrssicherheit wegen ist es ratsam, Kleinsteine nur auf Straßen zu verwenden, die keine größere Steigung als etwa 3—4 Proz. besitzen. Nach Voiges soll man Kleinpflaster in Steigungen über 5 Proz. nicht anlegen. Bei stärker ansteigenden Straßen ist die Verkehrssicherheit nicht gewährleistet.

### E) Einwirkung des Verkehrs.

Mit der dauernden Zunahme des Verkehrs hat sich die Zahl der auf den Straßen verkehrenden schweren Lastfuhrwerke vermehrt. Auf den Landstraßen findet ein schwerer Verkehr im allgemeinen besonders dort statt, wo wie z. B. in der Nähe von Zuckerfabriken zeitweise ein reger Rübenverkehr vorliegt oder in den Gegenden mit reger Industrie in der Nähe von Ortschaften. Infolgedessen stiegen die Ansprüche der Bevölkerung von Jahr zu Jahr. Weitere Ansprüche sind in letzter Zeit durch den mit ungeahnter Schnelligkeit sich entwickelnden Verkehr der Kraftfahrzeuge hinzugekommen. Bei den Kraftfahrzeugen unterscheidet man leichte und schnell fahrende Personenautomobile und schwere Automobile mit geringerer Geschwindigkeit. Zu den letzteren zählen gewerbliche Lastkraftwagen, wie Brauereiwagen mit ihren Anhängern, Kraftlastzüge und Automobilomnibusse. Während

die leichteren Automobile und die Lastkraftwagen selbst mit Gummibereifung versehen sind, bildet die Eisenbereifung bei den Kraftlastzügen die Regel.

Das Gewicht der gewöhnlichen Lastfuhrwerke ist in den einzelnen Landes- teilen verschieden. Während beispielsweise in der Stadt Breslau das normale Ladegewicht der schweren Lastfuhrwerke mit 5000 kg angegeben wird, wird von Rheydt hervorgehoben, daß in der Rheinprovinz die Straßen mit Wagen bis zu 6000 kg Achslast befahren werden. Im allgemeinen beträgt die Schwere der beladenen Fuhrwerke selten mehr als 5000—7000 kg.

Bei den Lastkraftwagen mit 9 t Gesamtgewicht wird die Hinterachse mit  $\frac{2}{3}$  belastet und entsteht ein höchster Achsdruck von 6 t. Der Anhänger hat ein Gesamtgewicht von etwa 7,3 t und wird jede Achse mit 3,65 t belastet. Automobilomnibusse haben ein Gewicht von 5 t und mehr.

Der Einfluß des Verkehrs tritt besonders bei Steinschlagbahnen in Erscheinung. Der Nachteil bei den gewöhnlichen Fuhrwerken besteht in der Wirkung der Pferdehufe, und tritt diese namentlich bei schweren Lastwagen hervor. Die Kraftfahrzeuge wirken in weit höherem Maße als die von Zugtieren fortbewegten Fahrzeuge zerstörend auf die Fahrbahn selbst dann ein, wenn Geschwindigkeit und Gewicht beider Wagengattungen annähernd gleich sind. Die Abnutzung der Decke durch die Kraftfahrzeuge unterscheidet sich weniger ihrer Art als dem Grade nach von der, durch gewöhnliche Lastfuhrwerke herbeigeführten Abnutzung. Die Abnutzung der Straßen durch die Automobile geht über das Maß der Abnutzung durch den gewöhnlichen Verkehr weit hinaus. Sie ist bei schweren Lastkraftwagen und Kraftlastzügen ohne Gummibereifung sehr viel stärker als bei leichten Personenautomobilen mit Gummibereifung, tritt aber auch bei dem Verkehr mit Automobilomnibussen hervor. Die schädliche Wirkung der Kraftfahrzeuge zeigte sich namentlich bei der Beförderung der mit eisernen Radkränzen ausgestatteten Anhängewagen, und haben die durch die schweren Achslasten verursachten Stöße eine übermäßige Abnutzung im Gefolge. Während viele Landwege nach ihrer Bauart überhaupt nicht imstande sind, den dauernden Verkehr schwerer Kraftfahrzeuge aufzunehmen, können stark gebaute, auf schweren Verkehr eingerichtete Makadamstraßen den Verkehr schwerer Kraftfahrzeuge nur unter übermäßiger Abnutzung vertragen. Die chauffierten Decken halten den Einwirkungen des Kraftwagenverkehrs gegenüber nicht stand und zeigen eine außerordentliche Abnutzung und Schäden.

Aber ungünstige Erfahrungen mit Kleinpflaster in Straßen mit schwerem Verkehr wird von den verschiedenen Landesbauverwaltungen in Mecklenburg berichtet. Kleinpflaster wurde daselbst nur dort hergestellt, wo starker Rübenverkehr vorhanden war und wo daher alle 3—5 Jahre eine Überschüttung der alten Steinschlagbahn nötig wurde. In Güstrow waren auf einer Strecke mit einem Verkehr von rund 300 Zugtieren täglich und auf der allein in einer Betriebsperiode rund 10 000 t Zuckerrüben befördert wurden, sehr große Ausbesserungen schon im fünften Jahre notwendig. In Schwerin mußte Kleinpflaster auf Strecken mit sehr schwerem Rübenverkehr in der Nähe von Zuckerrübenfabriken schon nach einem Zeitraum von neun Jahren umgelegt werden. In Parchim ist auf einzelnen, 8—10 Jahre alten Strecken, die Rübenverkehr aufzunehmen haben, das Zertrümmern einzelner Steine sehr häufig gewesen.

In Güstrow bezeichnet man unter den gegebenen Verkehrsverhältnissen und bei dem vorhandenen, sehr verschieden harten Material das Kleinpflaster als durchaus unzweckmäßig. Unter starken Lasten ist es nicht haltbar genug. Es handelt sich in allen diesen Fällen jedoch um die dort allein zur Verfügung stehenden Findlinge. Diese bilden ein Steinmaterial von ungleicher Beschaffenheit und werden in Parchim die Mißerfolge auf die ungleichmäßige Gesteinsart und die anfangs zu schwach bemessene Sandunterbettung zurückgeführt. Das Kleinpflaster aus Findlingen ist nach Angaben von Grabow dauernd reparaturbedürftig, nachdem es etwa zehn Jahre gelegen hat. Es liegen indessen auch Fälle von besserer Bewährung vor. So hat sich in Waren die Steinbahn etwas ungleichmäßig abgenutzt und machte kleinere Ausbesserungen nötig. In Parchim wird hervorgehoben, daß bei der Wahl größerer Steine und stärkerer Unterbettung sowie einer besseren Gesteinsart eine längere Haltbarkeit zu erwarten steht.

Die Mißerfolge sind tatsächlich nicht dem Kleinpflaster als solchem, sondern besonderen Verhältnissen zuzuschreiben. Als Beweis dafür kann angesehen werden, daß nach einer neueren Auskunft von Grabow Kleinpflaster aus anderem Gestein sich insbesondere auf verkehrsreichen Straßen in der Nähe der Städte besser bewährt hat als Steinschlagbahnen und bei diesem Ausbesserungen nicht erforderlich wurden.

Andererseits wird auch von Verwaltungen wie Speyer die Vermutung ausgesprochen, daß Kleinpflaster sich für schwereren Verkehr nicht eignet und auch in Bromberg und Dortmund wird es für schweren Verkehr nicht empfohlen. In Hagen und Freiburg i. Br. hat es sich dort nicht bewährt, wo recht schwerer Verkehr über das Pflaster geht.

Demgegenüber ist festzustellen, daß nach den Erfahrungen beim Landesbauamt in Rhenburg das Basaltkleinpflaster sich selbst bei schwerem und starkem Verkehr vorzüglich bewährt hat. Von Neu-Ruppin wird berichtet, daß es nur durch Kleinpflaster möglich ist, eine haltbare und möglichst geräuschlose Wegebefestigung für den sehr starken und schweren Lastverkehr in der Nähe von Berlin herzustellen. Beim Landesbauamt in Dresden hat sich das Kleinpflaster trotz starkem und schwerem Verkehr, dem die Pflasterstrecken ausnahmslos unterliegen, allenthalben gut bewährt. Dasselbe ist bei den Landesbauämtern Flensburg und Heide in Schleswig-Holstein bei starkem und sehr schwerem Verkehr der Fall gewesen. Auf den Strecken im Bereiche des Landesbauamtes Dieß hält sich Kleinpflaster auch unter schwerem Verkehr vorzüglich, und befinden sich die seit dem Jahre 1900 unter sehr schwerem Verkehr liegenden Kleinpflasterstrecken noch in gutem Zustande. Auch in Straßburg, wo das Kleinpflaster nur in Straßen mit einem schweren Verkehr von täglich 3000—4000 Zugtieren zur Anwendung gelangt, hat es sich unter solchen Verhältnissen sehr gut bewährt. Nach den Erfahrungen beim Landesverband Wiesbaden bietet das Kleinpflaster eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber allen Verkehrsmitteln. In der Provinz Sachsen scheint es dem dort vorhandenen großen und schweren Verkehr von gewöhnlichem Fuhrwerk zu genügen. In der Provinz Ostpreußen hat es sich bei sachgemäßer Ausführung zur Aufnahme häufigen und auch verhältnismäßig schweren Verkehrs geeignet. In der Provinz Hannover sind bis zum Jahre 1913 Fälle nicht vorgekommen, in denen der Verkehr so schwer war, daß gut ausgeführtes Kleinpflaster

nicht widerstandsfähig genug war und durch Kopfsteinpflaster ersetzt werden mußte. Im ober-schlesischen Industriebezirke hat eine Kleinpflasterung dem stärksten Verkehr mit mehr als 2000 Fuhrwerken seit 15 Jahren mit Erfolg widerstanden und bietet auch jetzt noch eine tadellose Oberfläche. Eine Ausnahme findet sich nur in der Provinz Westfalen vor. Hier leidet das Kleinpflaster in den Industriegegenden bei schwerem Verkehr zu sehr unter dem starken Stollenschlag der Pferde und hat sich hier die Notwendigkeit ergeben, das Kleinpflaster durch Mittelpflaster zu ersetzen.

Auch bei den Städten liegen in dieser Hinsicht günstige Erfahrungen vor. In Rheydt hat sich Kleinpflaster beim Befahren mit schweren Lasten gut gehalten und lag noch nach 20 Jahren in gutem Zustande. In Wiesbaden sind auch bei stärkstem Lastwagenverkehr mit Kleinpflaster recht gute Erfolge erzielt worden. In Breslau, wo das Kleinpflaster auf verkehrsreichen Stadtstraßen liegt, haben sich trotz überaus großen und schweren Verkehrs keine Senkungen gezeigt. In Freiburg i. Br. dagegen ist in Straßen mit recht schwerem Verkehr an Stelle von Kleinpflaster in Zukunft Großpflaster vorgezogen.

Im Vergleich mit den Schotterdecken zeigen die Kleinpflasterstraßen dem Kraftwagenverkehr gegenüber ein wesentlich günstigeres Verhalten. In der Provinz Schleswig-Holstein hat man eine saugende Wirkung beim Kleinpflaster insofern beobachtet, als die Fugen, und zwar beim Basalt mehr als beim Granit, bis zu 5 mm Tiefe ausgefogen wurden. Bei den mit Eisenbereifung versehenen Anhängewagen bleiben die Schäden bei Pflasterbahnen in der Regel auf das Abplatten der Ranten beschränkt. Bei dem Landesbauamt in Darmstadt soll sich herausgestellt haben, daß durch die schwere Belastung und die Eisenbereifung der Lastautos auch das Kleinpflaster zertrümmert wird. Auf der, starken Automobil- und starken Lastauto-Verkehr aufweisenden Strecke Frankfurt—Darmstadt wurden ferner in Fahrbahnmitte bei einzelnen Steinen feine Spaltrisse bemerkt, welche auf allzu große Ladegewichte und übermäßige Geschwindigkeit der Automobile und eisenbereiften Anhängewagen zurückgeführt wurden.

In Güstrow hat sich das Kleinpflaster auf einer Strecke mit nicht allzu schwerem Lastverkehr und mit Verkehr von Automobilomnibussen, auf welcher eine gewöhnliche Steinschlagbahn sich als ganz unzuverlässig herausstellte, als zweckmäßig erwiesen. Nach den Anschauungen in Wiesbaden, Pirna und Gleiwitz widersteht das Kleinpflaster auch den Angriffen der Kraftfahrzeuge, erscheint besonders geeignet und für Straßen mit lebhaftem Automobilverkehr vorteilhaft.

Nach den Beobachtungen in der Rheinprovinz sind die mit Kleinpflaster versehenen Straßen weit widerstandsfähiger als chaussierte Decken. In der Provinz Hessen-Nassau hat sich bisher bei den mit Kleinpflaster befestigten Straßen eine auf den Kraftwagenverkehr zurückführende, erhöhte Abnutzung nicht feststellen lassen und kann zurzeit noch nicht angegeben werden, ob durch den Kraftwagenverkehr eine Erhöhung der Unterhaltungskosten eintritt. In der Provinz Hannover sind auf den, aus gutem Material hergestellten Kleinpflasterbahnen Schäden wie bei den Schotterbahnen nicht deutlich wahrnehmbar. In der Provinz Sachsen ist man der Überzeugung, daß das Kleinpflaster dem Kraftwagenverkehr nur dann genügen wird, wenn die Geschwindigkeitsgrenze und der Achsdruck der Lastautomobile und die Bereifung

der Anhängewagen mit elastischem Gummi vollständig und allgemein durchgeführt wird. Um die durch den Kraftwagenverkehr verursachten Nachteile an den Steinschlagbahnen zu vermeiden, ist man in verschiedenen Provinzen dazu übergegangen, diese nach Bedarf mit Kleinpflaster zu versehen.

Das Kleinpflaster ist auf Land- und Stadtstraßen nicht allein auf Strecken mit leichtem und mittlerem, sondern auch auf solchen mit schwerem Verkehr zur Anwendung gelangt. Es hat sich auch in Straßen mit schwerem Verkehr besser und vorteilhafter als die Steinschlagbahnen bewährt und übertrifft in jeder Beziehung alle anderen Steinbahnarten.

## 5. Dauer und Haltbarkeit.

### A) Größe und Art der Abnutzung.

Die Steinschlagbahnen, welche schon bei stärkerem Fuhrwerksverkehr einer gewissen Abnutzung ausgesetzt sind, weisen auf Strecken mit starkem Automobilverkehr eine erhebliche Abnutzung und Zerstörung auf. Diese geht weit über das Maß hinaus, bis zu welchem vor dem Bestehen des Automobilverkehrs diese Zerstörungen beobachtet worden sind. Infolgedessen sind die Matadamstraßen durch eine Pflasterart zu ersetzen, welche einer geringeren Abnutzung unterworfen ist. Da der Verschleiß bei festem Gestein in ganz geringem Maße durch Zerdrücken, mehr durch Abschleifen der Ranten, im wesentlichen aber nur durch Abschleifen stattfindet, verschleifen Kleinpflastersteine unter gleichen Verkehrs- und Lagerverhältnissen erheblich langsamer als eine gewöhnliche Schotterdecke aus demselben Gestein. Nach Voiges kann man annehmen, daß bei gleichem Material, gleicher Lage und gleichem Verkehr der Verschleiß des Kleinpflasters nur  $\frac{1}{7}$  desjenigen einer Steinschlagbahn beträgt. Gravenhorst hat 20 Jahre lang Verschleißmessungen vorgenommen und gefunden, daß in gleicher Zeit von demselben Verkehr annähernd achtmal mehr Steinmasse der Schotterdecken in Staub verwandelt wird als bei Kleinpflastersteinen.

Das Kleinpflaster nutzt sich viel weniger ab als eine Steinschlagdecke. Nach den Beobachtungen in der Provinz Posen ist eine Abnutzung nur in geringem Maße wahrnehmbar. Genaue Messungen über die Größe der Abnutzung liegen nur in geringem Umfange vor. Im obereschleisischen Industriebezirk wurde bei einer Kleinpflasterung bei einem Verkehr von mehr als 2000 Fuhrwerken täglich nach acht Jahren eine Abnutzung von 1 cm festgestellt. In Köln a. Rh. betrug die Abnutzung der Kleinsteine bei lebhaftem Verkehr innerhalb 10 Jahren nur 1—2 cm. In Dresden ist auf einer Straße mit schwerem Fuhrwerksverkehr eine ziemlich starke Abnutzung des Kleinpflasters besonders bei größerer Steigung zwischen Fahrschienen beobachtet worden. Die Anschauungen über den Unterschied in der Abnutzung bei Klein- und Großpflaster sind geteilt. Nach den Anschauungen Mühlheim a. Rh. erfährt das Kleinpflaster bei starkem schweren Verkehr in den Städten eine schnelle Abnutzung. In Speyer war die bisherige Abnutzung eines Kleinpflasters nicht größer als bei einem anschließenden Basaltpflaster von 16 cm Höhe. Man ist jedoch der Meinung,

daß das Kleinpflaster zweifellos eine größere Abnutzung als bei Großpflaster ergeben wird. In Witten war die Abnutzung einer Kleinpflasterung aus Grauwacke stärker als bei einem Großpflaster aus Grauwacke. In Fürth will man beobachtet haben, daß ein Kleinpflaster mit Zementfugendichtung sich rascher abgenutzt hat als ein solches mit Sandfugen. In Nürnberg ist man der Meinung, daß das Kleinpflaster hinsichtlich der Abnutzung dem Großpflaster gleich ist. Auch nach Gravenhorst gleicht beim Kleinpflaster die ordnungsmäßige Abnutzung der Oberfläche durch den Verkehr der Abnutzung beim Großpflaster.

Das Kleinpflaster als solches ist abgängig und muß eine Erneuerung erfolgen, wenn die Steine nach Voiges bis auf  $\frac{2}{3}$ , nach Funk bis auf  $\frac{3}{5}$ — $\frac{3}{4}$  ihrer Höhe abgenutzt sind. Zur Erneuerung werden neue Kleinsteine und neues Bettungs- und Deckmaterial erforderlich. Der Rest der übrig bleibenden Kleinpflastersteine ist als Schottermaterial noch zu verwenden.

Das Kleinpflaster nutzt sich viel gleichmäßiger ab als eine Steinschlagdecke.

Die Art der Abnutzung ist je nach der Gesteinsart verschieden. Bei Weichgesteinen liegt eine gleichmäßige Abnutzung vor, bei Hartgesteinen entstehen Abrundungen an den Kanten. Von der Provinzialverwaltung der Provinz Brandenburg wird mitgeteilt, daß die Abnutzung des Kleinpflasters eine nahezu gleichmäßige ist. In Krotoschin waren die Kleinpflasterstrecken verhältnismäßig eben geblieben. Nach den Beobachtungen in der Provinz Hannover werden bei festerem, sprödem Material, wie z. B. Basalt durch Hufschläge oder schwere Radlasten zuerst Kantensplinter abgetrennt. Diese drücken sich um ein geringes Maß in die Pflasterfugen hinein, so daß die neu entstandenen Kanten wiederum den Angriffen des Verkehrs ausgesetzt sind, bis neue Absplitterungen eintreten. Das Abstoßen der Kanten dauert so lange, bis die Kopffläche eine rundliche Form angenommen hat. Je stärker der Verkehr und je kleiner die Kopffläche der Steine ist, desto holperiger wird schließlich die Oberfläche des Pflasters. Im allgemeinen kann man die Beobachtung machen, daß die Abnutzung des, in der ersten Zeit nach der Neuherstellung ebenen Kleinpflasters auf die Dauer keine gleichmäßige ist. Dieser Umstand ist auf Landstraßen von geringerer, auf städtischen Straßen wegen der Geräuschbildung unter Umständen von wesentlicher Bedeutung.

## B) Dauer des Kleinpflasters.

Da das Kleinpflaster bei Landstraßen ausschließlich als Ersatz für Steinschlagbahnen in betracht kommt, ist es erklärlich, daß man die Dauer des Kleinpflasters zunächst mit derjenigen einer Kleinschlagbahn in Vergleich stellt. Die Lebensdauer von Basaltdecken auf belebteren Landstraßen belief sich schon früher bei Fuhrwerksverkehr auf höchstens fünf Jahre, ist nach Einführung der Kraftwagen vermindert worden und sinkt mit dem wachsenden Verkehr dieser Art, insbesondere infolge schwerer Lastfahrzeuge und auch Postomnibusse immer weiter. Die Abnutzung der Chaussees durch den Kraftwagenverkehr zeigt sich namentlich in der, seit dem Einsetzen und dem Wachsen dieses Verkehrs immer kürzer werdenden Lebensdauer der Neuschüttungen. Die meisten, unter ganz anderen Bedingungen gebauten, für den leichten Landverkehr ausreichenden Landstraßen können einen

lebhaften Verkehr mit Lastkraftwagen auf die Dauer nicht vertragen. Es ist festgestellt worden, daß diejenigen Provinzialchautseen, die einen starken Automobilverkehr aufweisen, in einem wesentlich kürzeren Zeitraum als früher neu geschüttet werden müssen. Es unterliegt auch keinem Zweifel, daß die Chautsierung für denselben Verkehr genügt haben würde, wenn er lediglich durch die von Pferden gezogenen Fuhrwerke bewältigt worden wäre. Die Zerstörung der Decken in den Städten ist derart, daß wie in Hamburg und Karlsbad in einzelnen Fällen in drei Jahren eine zweimalige oder wie in Frankfurt a. M. jedes Jahr eine Neuschüttung erforderlich wurde.

Die Dauer des Kleinpflasters gegenüber einer Steinschlagbahn von demselben Material ist nach den von den Landesbauämtern in der Provinz Hannover gemachten Beobachtungen anzunehmen bei

- a) nordischem Geschiebe auf das  $1-1\frac{1}{2}$ fache,
- b) Isleder Hochofenschlacke auf das  $2-2\frac{1}{2}$ fache,
- c) Plötkyer Sandstein auf etwas mehr als das 3fache,
- d) Basalt und sehr festen Gesteinen auf das 3-5fache.

Das Verhältnis wird sich bei zunehmendem Automobilverkehr noch zugunsten des Kleinpflasters verschieben. Im allgemeinen nimmt man bei den Provinzialverwaltungen Hannover und Pommern mit Sicherheit an, daß die Kleinpflasterbahnen mindestens dreimal so lange halten als die aus demselben Gestein hergestellten Steinschlagbahnen. In Leipzig hat sich auf alter Steinschlagbahn verlegtes Kleinpflaster gegenüber Steinschlagbahnen, die bei starkem und schwerem Verkehr alle zwei bis vier Jahre erneuert werden mußten, haltbarer und billiger erwiesen. In der Rheinprovinz ist die Annahme, daß die Lebensdauer des Kleinpflasters durchschnittlich das Drei- bis Vierfache der Dauer einer normalen Kleinschlagdecke beträgt, durch die Erfahrung als richtig bestätigt worden. Im Industriegebiet sind Kleinpflasterungen auf Strecken schweren Verkehrs, wo die letzte Basaltschotterdecke drei Jahre gehalten hat, nach einem Bestande von elf Jahren zum erstenmal erneuert worden. Bei den dort herrschenden Preisen wird der Zeitpunkt der Anwendung von Kleinpflaster für gekommen erachtet, sobald eine Basaltschotterdecke von 45 bis 50 cbm auf 500 qm keine größere Dauer als drei bis vier Jahre aufwies. Bei dem Bezirksverband Wiesbaden wird angenommen, daß ein aus gutem Baustoff sachgemäß auf guter Unterlage hergestelltes Kleinpflaster ebenso lange hält wie fünf bis sechs Basaltschotterdecken. Beim Landesbauamt Osnabrück mußten früher die stark befahrenen, jetzt mit Kleinpflaster belegten Landstraßen je nach der Gesteinsart alle drei bis sechs Jahre neue Steinschlagdecken erhalten. Beim Landesbauamt in Hannover ist stellenweise eine sechsfache Deckendauer festgestellt worden. In Waren werden nur auf solchen Straßen Kleinpflasterungen ausgeführt, auf denen der starke Rübenverkehr bisher alle drei bis fünf Jahre eine Erneuerung der Schotterdecke nötig gemacht hat. In der Provinz Sachsen wird Kleinpflaster an Stelle von Decken verwendet, die eine kürzere Lebensdauer als fünf bis sechs Jahre haben.

Nach Voiges kann angenommen werden, daß die Dauer einer in einwandfreier Weise hergestellten Kleinpflasterdecke in gleicher Lage und bei gleichem Verkehr dreimal diejenige einer aus gleichem Material hergestellten Steinschlagbahn übersteigen wird.

Die Dauer ist bei den verschiedenen Straßenbaustoffen verschieden, hängt außerdem von den Verkehrs- und sonstigen Verhältnissen, insbesondere von einem geringen oder lebhaften Automobilverkehr ab. Da diese zu ungleichartig sind, kann man nicht in allen Fällen zu Durchschnittswerten gelangen.

Aus der Erfahrung geht indessen hervor, daß ein aus minderwertigen Steinmaterialien hergestelltes Kleinpflaster von verhältnismäßig geringer Dauer, ein auf gleichmäßig festen, ebenen Unterbau und aus einwandfreier und fester Gesteinsart gut hergestelltes Kleinpflaster dagegen widerstandsfähiger als Stein Schlag und gegenüber Schotter von wesentlich längerer Lebensdauer ist. Bei starkem Verkehr übertrifft Kleinpflaster jede andere Steinbahnart. Die Ausführung ist wegen der langen Dauer im Vergleich mit Schotterdecken im Verkehrsinteresse als zweckmäßig zu bezeichnen.

Über die wirkliche Dauer läßt sich nur dort ein abschließendes Urteil fällen, wo ein vorschriftsmäßig ausgeführtes Kleinpflaster hinreichende Zeit einem bestimmten Verkehr standgehalten hat. Das älteste Kleinpflaster in der Provinz Hannover lag nach 27 Jahren bei dem allerdings geringen Verkehr von 100 Zugtieren ohne jegliche Ausbesserung. (Siehe Abbildung.) In der Rheinprovinz ist Kleinpflaster seit 18 Jahren, beim Bezirksverband Wiesbaden seit 14 Jahren und in der Provinz Posen seit 10 Jahren erprobt. Über die wirkliche Lebensdauer des Kleinpflasters finden sich in den Auskünften der Straßenbaubehörden nur wenig Angaben. Nach den Angaben in der Provinz Hannover kann über die Dauer der Kleinpflasterbahnen noch kein abschließendes Urteil gefällt werden.

Beim Landesbauamt Stade liegt bei mittelstarkem Verkehr eine Bahn aus nordischem Geschiebe (ungleichmäßigem Material) 20 bis 25 Jahre, aus Plötkter Gestein 25 bis 30 Jahre ohne nennenswerte Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten. Nach Ansicht des Landesbauamtes Hannover ist die Annahme berechtigt, daß das Kleinpflaster bei schwerem Verkehr und sechsfacher Deckendauer eine Dauer von 15 bis 20 Jahren hat. In der Rheinprovinz hat man von Anfang an als Lebensdauer einer Kleinpflasterung bei schwerem Verkehr etwa 15 Jahre angenommen. Diese Annahme hat sich als ziemlich zutreffend herausgestellt, denn es hat sich als notwendig erwiesen, Kleinpflasterstraßen schwersten Verkehrs nach 10 bis 12jähriger Dauer zu erneuern.

Im allgemeinen ist die Haltbarkeit viel größer gewesen, als ursprünglich angenommen wurde. Nach günstigen Schätzungen rechnet man bei schwerem Verkehr mit einer Lebensdauer von 20 Jahren und wird diese auch in England erwartet. Bei mittlerem Verkehr wird die Lebensdauer zu 30 Jahren angenommen. Leon-Wiesbaden nimmt eine Haltbarkeit von 24 bis 30 Jahren an. In Rassel rechnet man mit einer solchen von 30 bis 35 Jahren, wenn überhaupt infolge der verschiedenen Verkehrs- und Straßenverhältnisse von einer durchschnittlichen Lebensdauer gesprochen werden kann.

In städtischen Straßen ist die Lebensdauer eines Pflasters nicht allein von der Größe, sondern auch von der Art der Abnutzung und der Beschädigung der Straßen- decke bei Verlegung von unterirdischen Leitungen abhängig. In München rechnet man mit einer beschränkten Lebensdauer, und zwar in verkehrschwachen Straßen auf etwa 20 Jahre, bei mittlerem Verkehr etwa 12 Jahre und unter starkem Verkehr vielleicht 7 Jahre. Als durchschnittliche Lebensdauer wird erwartet bei einer Verkehrs-

ziffer von 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300 und 400 Fuhrwerken auf 1 m Fahrbahnbreite eine solche von 20, 15, 12, 10, 7, 6, 5 und 4 Jahren.

In Frankfurt a. M., wo Kleinpflaster seit dem Jahre 1895 liegt, sind in dem ersten Jahrzehnt die Ausführungen nicht in einwandfreier Weise erfolgt, so daß aus dem Verhalten der ältesten Strecken Schlußfolgerungen nicht gezogen werden können. Nichtsdestoweniger liegt die älteste Strecke bei schwachem Verkehr nunmehr 18 Jahre, ohne Unterhaltungskosten erfordert zu haben. Kleinpflaster aus Weichgesteinen mußte in einer Straße mit mittlerem Verkehr nach drei bis fünf Jahren durch Hartbasalt ersetzt werden, hat in einer anderen Straße mit schwachem Verkehr jedoch 12 Jahre gehalten. In anderen Fällen hat nach Verlauf von vier bzw. neun Jahren das Kleinpflaster wegen weitergehender Ansprüche in bezug auf Geräuschlosigkeit bzw. Höherlegung der Straße beseitigt werden müssen. Um zu einem endgültigen Ergebnis zu kommen, sind weitere Erfahrungen abzuwarten.

## 6. Unterhaltung und Reinigung.

Bei der Unterhaltung und Reinigung des Kleinpflasters kommt in betracht, ob bei der Herstellung nicht etwa minderwertiges Material oder bei gutem Material minderwertige Steine mit Verwendung gefunden haben, ob eine Strecke überhaupt fehlerhaft angelegt ist oder ob es sich um eine sachgemäße Herstellung handelte und dergleichen mehr. Wie von Dresden angeführt und auch von anderen Verwaltungen gefunden worden ist, treten bei starker und abgewalzter Schotterbahn weniger Verschleißungen auf wie bei einem Großpflaster aus Kopf- oder Reihensteinen auf Sandunterbettung. Infolgedessen stehen auch nach Jahren die Steine im Pflaster noch fest und unverrückbar aneinander. Auch in Darmstadt hat sich trotz schweren Verkehrs noch nirgends eine Veränderung der Fahrbahnoberfläche gezeigt. Dagegen mußte in Stralsund eine kleine Strecke, auf der die Kleinpflastersteine nur auf Kies versetzt waren, mehrfach ausgebessert werden. Ausbesserungen in größerem Umfange sind insbesondere bei verschiedenen Bauverwaltungen in Mecklenburg erforderlich geworden, bei welchen das Kleinpflaster aus Findlingen bestand. So sind in Grabow Ausbesserungen nur bei den aus Findlingen hergestellten Kleinpflasterungen erforderlich geworden und waren diese nach Verlauf von 10 Jahren dauernd reparaturbedürftig. In Rostock ist das aus Findlingen bestehende Kleinpflaster nach etwa 7 Jahren fast überall stark ausbesserungsbedürftig geworden. In Verden mußte eine im Jahre 1893 aus Findlingen hergestellte Kleinpflasterung nach 13 Jahren umgelegt werden, wobei etwa die Hälfte der Steine wieder verwendet werden konnte. Der Unterbau hatte sich aber vorzüglich gehalten. Bei minderwertigen Steinmaterialien werden die einzelnen Steinstücke ähnlich wie bei Stein Schlag durch schwere Fuhrwerke beschädigt und endlich zerdrückt. Auf diese Weise bilden sich Schlaglöcher, welche zur Zerstörung des Kleinpflasters führen.

In anderen Fällen haben sich auch bei Kleinpflasterungen aus Grauwacke oder sonstigem Weichgestein Mängel herausgestellt.



Abb. 9. Abwalzen der regulierten Steinschlagdecke vor Aufbringung der Zwischenlage.



Abb. 10. Mosaikartige Pflasterung der Kleinsteine.

---

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Während in Braunschweig in den ersten 8 Jahren Ausbesserungen kaum vorzunehmen waren, ist später zum Teil wegen Zersplitterung der Steine durch den Einfluß des Lastwagenverkehrs und in unbedeutendem Umfange wegen Abnutzung des Grünsteinmaterials die Umlegung von verschiedenen Kleinpflasterstrecken erforderlich geworden. In Gelsenkirchen hat Grauwacke-Kleinpflaster auf einer, im Außenbezirk liegenden Straße 9 Jahre ohne Ausbesserung gelegen, mußte dann gründlich ausgebessert und nach weiteren drei Jahren erneuert werden. In Straßburg mußten die in den Jahren 1901 bis 1905 hergestellten Grauwackepflasterungen mehrfach ausgebessert werden, weil jeweils eine größere Anzahl von Steinen durch schweren Radruck gespalten wurde. Das im Jahre 1906 hergestellte Granitpflaster hat dagegen keine Schäden gezeigt. In Diez ist Auswechslung von einzelnen Steinen aus Hartbasalt nur bei Vorkommen von Sonnenbrennern nötig geworden, in Frankfurt a. M. auch beim Plattenbasalt bei Verpflasterungen von rissigen Steinen vorgekommen.

Im allgemeinen erstreckt sich bei guten Pflasterungen die Unterhaltung nur hier und da auf Auswechslung einzelner zersplitterter oder zersprungener Steine und ist die Unterhaltung eine leichte.

Nach den Erfahrungen in der Provinz Hannover erfordert die Unterhaltung des Kleinpflasters in den ersten Jahren überhaupt keine, später nur geringe Kosten. Einzelne schadhafte Steine sind möglichst bald durch neue zu ersetzen. Sind Schlaglöcher entstanden, so müssen sie durch Einsetzen neuer Steine beseitigt werden. Die Zerstörung der Kleinpflastersteine vollzieht sich bei den verschiedenen Gesteinsarten und Steingrößen ganz verschieden. Wenn bei nicht sehr widerstandsfähigen Gesteinsarten ein einzelner Stein unter der Last eines Wagenrades zusammenbricht, so bildet sich an seiner Stelle eine kleine Vertiefung. In diese gleiten die Räder hinein und greifen dabei die benachbarten Steine an, bis schließlich, ähnlich wie bei den Steinschlagbahnen, ein Schlagloch entsteht. Werden die Löcher zu zahlreich, die Oberfläche zu uneben, so muß zu einer vollständigen Erneuerung des Pflasters geschritten werden, wobei die noch brauchbaren Abbruchsteine wieder verwendet werden können. Der Zuschuß neuer Steine, die natürlich nicht mit den alten zu vermischen, sondern getrennt zu verwenden sind, beträgt je nach der Abnutzung des alten Pflasters etwa ein Drittel bis zwei Drittel.

Über das Verhalten des Kleinpflasters unter bestimmten Verkehrsverhältnissen liegen ziffernmäßige Angaben nur in ganz geringem Umfange vor. In Aachen hat 9 und 10 Jahre liegendes Kleinpflaster keine nennenswerten Ausbesserungskosten verursacht, obwohl täglich 100 bzw. 300 Fuhrwerke auf ihnen verkehrten. In Güstrow sind in Gegenden mit wenig Industrie selbst bei rund 200 Zugtieren täglich Ausbesserungen erst nach 10 Jahren erforderlich geworden. In der Stadt Dresden hat eine Strecke, auf welcher täglich 1200 Zugtiere und 60 Automobile verkehrten, in 6 Jahren nur sehr wenig Ausbesserungen erfordert.

Was die Wirkung des Automobilverkehrs auf die Unterhaltung anbelangt, so ist man in Groß-Gerau, wo bisher Unterhaltungskosten noch nicht entstanden sind, der Ansicht, daß solche unter der Wirkung der Lastkraftwagen nicht ausbleiben werden. Auch in Darmstadt ist man der Meinung, daß mit Rücksicht auf die Lastautos die früher angenommene unterhaltungslose Dauer wohl nicht erreicht wird. In Zittau sind

tatsächlich seit der Einführung schwerer Lastkraftwagen bei den älteren Pflasterungen mehrfach Zerstörungen an einzelnen Steinen beobachtet worden. Im allgemeinen liegen indessen nachteilige Beobachtungen irgendwelcher Art bisher noch nicht vor.

Von den Landesbauämtern wird bestätigt, daß Unterhaltungs- oder Instandhaltungsarbeiten überhaupt nicht oder nur in geringstem Maße entstanden sind.

Von verschiedenen Stadtverwaltungen wird berichtet, daß in den ersten 6—8 Jahren nach der Herstellung Ausbesserungen überhaupt nicht oder fast gar nicht erforderlich geworden sind. In allen anderen Fällen sind in einem längeren Zeitraum nur wenige oder verschwindend geringe und ganz unwesentliche Ausbesserungen vorgenommen worden.

Im allgemeinen besteht kein Zweifel darüber, daß das Kleinpflaster im Vergleich zu den Steinschlagbahnen sowohl in trockener als in feuchter Lage wesentlich geringere Unterhaltungsarbeiten erfordert. In einigen Städten wie Danzig und Mannheim ist man der Meinung, daß die Unterhaltung auch geringer ist als bei Großpflaster auf Sandunterbettung; in Nürnberg hält man die Aufwendungen für Unterhaltung dem Großpflaster gleich.

Bei der Unterhaltung des Kleinpflasters hat man auch in einigen Städten wie Zürich, Paris und anderen, von der Oberflächenteerung mit gewöhnlichem Gasteer Gebrauch gemacht. Der Zweck war dabei, die Fugen zu dichten und wurden in Zürich sehr gute Ergebnisse in dieser Hinsicht erzielt. Im Vergleich zu dem sonstigen Pflasterfugenausguß stellen sich die einmaligen Kosten um etwa 10 bis 15 mal billiger. Bei der Teerung werden zugleich etwaige Unebenheiten der Oberfläche ausgeglichen und wird die gesamte Fläche mit einer bituminösen Masse überzogen, so daß der Staub gebunden und das Geräusch wesentlich vermindert wird. In Frankfurt a. M. hat sich eine Teerölpechmischung als zweckmäßig erwiesen, und sollen weitere Versuche mit Teer- und Asphaltmischungen angestellt werden, um älteres und mit der Zeit geräuschvoll gewordenes Kleinpflaster in Wohnstraßen den modernen Anforderungen anzupassen. Der in heißem Zustand aufgetragene Teer wird im Laufe der Zeit verschliffen und wird auch in Städten, in welchen die Pferdehufe im Winter mit Stollen und Griffen versehen sind, der obere Teil der Fugenausfüllung beschädigt werden, so daß unter Umständen die Teerung alljährlich wiederholt werden muß. Es läßt sich aber unzweifelhaft eine ältere Kleinpflasterstrecke länger als sonst erhalten, und wird es Gegenstand jeweiliger wirtschaftlicher Erwägung sein, ob eine Strecke in dieser Weise zu behandeln oder vollkommen durch geräuschloses Pflaster zu ersetzen ist.

### Reinigung.

Während die chaussierten Straßen bei den vorliegenden klimatischen Verhältnissen die Hälfte des Jahres mit Schmutz und Schlamm bedeckt sind und zum Wickeln Veranlassung geben, bleibt das Kleinpflaster bei nassem Wetter fast schmutzfrei und ist das Wickeln wie bei den Steinschlagbahnen ausgeschlossen. Im Vergleich zu den Schotterstraßen ist das Kleinpflaster viel sauberer und reinlicher. Infolge der geringen Abnutzung der Oberfläche bildet sich weniger Staub und Schlamm und hält sich das Kleinpflaster von selbst sauber und gewährt ein sauberes Aussehen. Die Reinigung

erstreckt sich auf das Abkehren des abgeschliffenen Steinmehles und der aufgefahrenen staub- und schlammbildenden Stoffe. Die Reinigung erstreckt sich auf Landstraßen hauptsächlich auf die Säuberung in der Nähe der Einmündung von Feldwegen. Im übrigen ist die Reinigung leicht und mühelos zu bewirken. Das Kleinpflaster läßt sich wie Grobpflaster mit der Rehrmaschine reinigen und ist nach Ansicht von Königsberg, Dresden und Frankfurt a. M. besser sauber zu halten als Grobpflaster.

## 7. Herstellungs-, Unterhaltungs- und Reinigungskosten.

Die Kosten der Herstellung des Kleinpflasters setzen sich aus denjenigen für das Gesteinsmaterial, der Art des Unterbaues — ob alt oder neu — und der Art der Ausführung des Pflasters zusammen. Sie weichen je nach den örtlichen und Zeitverhältnissen und je nach ihrer Ausführung auf Land- oder Stadtstraßen voneinander ab. Die Herstellungskosten sind im Laufe der Jahre infolge Steigerung der Arbeitslöhne und Materialpreise höher geworden.

Die Kosten für die *Steine* selbst schwanken je nach Art und Größe der Steine und der Länge des Bahn- und Schiffstransportes und des Landweges vom Bruch bis zur Verwendungsstelle. Die Herstellung der Steine im Selbstbetrieb hat sich nicht immer als vorteilhaft erwiesen. In der Provinz Ostpreußen ist durch Versuche festgestellt worden, daß die Herstellung geeigneter Steine aus den billigen Findlingen sehr schwierig und kostspielig war. Beim Landesbauamt Königsberg waren die Kosten bei gewöhnlichem und ausgesuchtem Material nahezu die gleichen wie bei Bruchsteinen. Auch in Güstrow hat sich die Verarbeitung von Findlingen mit Rücksicht auf die Herstellungskosten als unzweckmäßig erwiesen. Bei der Herstellung der Steine ist der Abfall ganz minderwertig und der Gewinn an Steinen bei der Ausbesserung ganz gering. Die Steine waren so minderwertig, daß sie nicht weiter verwendet werden konnten.

Nach Angaben aus der Provinz Hannover erforderte 1 cbm (etwa 9 qm) Kleinsteine aus altem Aufbruchpflaster zu bearbeiten 5—6 Mark oder etwa 0,6—0,7 M für 1 qm. In Hamburg stellten sich bei Verarbeitung von alten Pflastersteinen unter Benützung von Maschinen

a) die Kosten für Maschinenbetrieb auf	0,23 M
b) die Löhne in der Großstadt auf	0,65—1,10 M

insgesamt 0,88—1,33 M für 1 qm

Rechnet man hierzu den Wert des alten Pflastermaterials mit 9—11,5 M für 1 cbm und die Transportkosten, so stellt sich der Gesamtpreis für 1 qm Kleinpflastersteine auf 2—2,6 M.

Demgegenüber kosten Kleinpflastersteine aus gutem Material und bei guter Bearbeitung im Bruch 2—3 M. Für Steine aus schwedischem Granit wurden in Hamburg und Königsberg 3,5 M gezahlt. Der Preis von 3,5 M ist in der Gegenwart auch der für Basalt übliche. Die Preise für die Steine sind im Laufe der Jahre erheblich gestiegen. In Frankfurt a. M. zahlte man im Jahre 1897 2,2 M, im Jahre

1913 3,4 M für 1 qm. Von dem Landesbauamt Diez wird berichtet, daß der Preis für Basaltplaster vom Jahre 1913 ab infolge des Zusammenschlusses der Steinbruchbesitzer um etwa 0,5 M für 1 qm gestiegen ist. Die Preise für das Gesteinsmaterial sind in einzelnen Gegenden wie z. B. in der Provinz Hannover auch deshalb höher geworden, weil an Stelle minderwertiger billiger Gesteine den gesteigerten Anforderungen des Verkehrs entsprechend dauerhaftere, bessere und auch teurere Materialien getreten sind. Die Mehrkosten gegenüber nordischen Geschieben belaufen sich bei Plötkyer Steinen und sächsischem Granit zwischen 60 und 145 Prozent und steigen bei Basaltkleinplastersteinen auf 160 Prozent.

Die Kosten für die Herstellung einer alten Steinschlagbahn (Aufhauen, Zuschußmaterial und Walzung) zur Aufnahme einer Kleinplasterdecke werden in der Provinz Hannover zu 0,6—0,8 M, beim Bezirksverband Wiesbaden für eine 10 cm starke Schotterdecke zu 1,2 M für 1 qm angegeben. In Frankfurt a. M. schwankten sie je nach der Beschaffenheit der Decke zwischen 0,75—1,10 M für 1 qm. In den Städten traten zu den Kosten für Regulierung der Fahrbahn solche für Regulierung von Rinnen, Randsteinen, Sinkkästen und Schachtabdeckungen hinzu. Auf Neu- oder Umbauftritten kostet die Herstellung des Unterbaues in Hannover etwa 1,4 M pro 1 qm.

Die Kosten des Kleinplasters ohne die vorherige Instandsetzung der Chausseierung belaufen sich in der Rheinprovinz auf durchschnittlich 4 M, beim Bezirksverband Wiesbaden auf etwa 4,1—4,6 M, in Ostpreußen auf 5,4 M für 1 qm.

Die Kosten der Herstellung auf einer vorhandenen, ordnungsmäßig ausgebefferten und ausgeglichenen Steinschlagbahn weisen je nach der Gesteinsart und je nach der Ausführung auf Land- und Stadtstraßen Unterschiede auf.

Die Kosten für 1 qm betragen:

1. unter 4 M und zwar bei den

a) Landesbauverwaltungen:

Celle (2,8), Helmstädt (2,9), Stade und Waren (3), Verden (3,5 unter Verwendung von nordischem Geschiebe), ferner in Neu-Ruppin (von 2,65 an) und Idstein (von 3,25 an), Nienburg (3,9), Münster (4), Krotojschin (3,4 bis 4,15 M).

b) Stadtverwaltungen:

Magdeburg, Mühlheim a. Rh. (3 bzw. 3,25—3,75), Hagen (3,6) und Witten (3,8), Solingen (4 M).

2. von 4—5 M bei den:

a) Landesbauverwaltungen:

Schwerin (4—4,25), Parchim (4,2 bei nordischem Geschiebe), Bernburg, Dessau (für Plötkyer Steine 4), Essen (4,25), Dortmund (4,8), Summersbach (4,5—5) und Kreuznach (4,9 M für Grauwacke), Darmstadt (4,25), Schwarzenberg (4,2), Stade (4—4,5), Flensburg (4,2—4,5), Verden (4,5), Rosten (4,7—5), Hannover (5), Gnesen (4,7—5,2 M).

b) Stadtverwaltungen :

Dortmund (4,15 Grauwacke), Münster (3,7—4,6), Braunschweig (4 und 4,7), Witten, Delmenhorst (4,5), Aachen (4,7), Wanne (4,9 schwed. Granit), Stralsund (5 M).

3. von 5—6 M bei den:

a) Landesbauverwaltungen :

Strasbourg (4,8—5,4), Diez (5,3) Offenbach, Frankenhäusen (5,4), Brandenburg, Wiesbaden, Lübeck, Dessau, Bensheim und Ostpreußen (im Durchschnitt 5,5), Meißen (5,1 bzw. 5,75 je nach Höhe), Heide (5,75), Bauzen, Leipzig (5,5—6), Annaberg, Groß-Gerau (5,8), Erfurt (5—6), Sießen (6 M).

b) Stadtbauverwaltungen :

Duisburg (4,5—5,5), Nürnberg (4,9—5,2), Lübeck, Hildesheim, Stralsund (5), Salungen, Mainz, Flensburg (4,25), Selsenkirchen, Mannheim (5,4), Bonn, Hannover (5,5), Fürth (5,6), Essen (5—6), Stettin, Frankfurt a. Main (5,7), Remscheid (5,25—6,10 M).

4. von 6—7 M bei den:

a) Landesbauverwaltungen :

Speyer (5—6,4), Zittau (5,2—6,5), Gera (6—6,5), Provinz Schleswig-Holstein (6—6,5), Plauen (6,1—7 M).

b) Stadtbauverwaltungen :

Freiburg i. Br., Dortmund, Wiesbaden, Mühlhausen i. Th., Wandsbek (6), Witten (6,5), Glauchau (bis 6,5), München (7 M).

5. über 7 M bei den:

a) Landesbauverwaltungen :

Leipzig (7), Speyer (7,2), Dresden (8), Gleiwitz (7—10), Südbayern (Granit oder Basalt etwa 8 bzw. 8,5 M).

b) Stadtbauverwaltungen :

Altona (5,8—7), Bromberg (7), Rassel (9,5—9,8 M).

Die Kosten auf alter Steinbahn belaufen sich bei den Landesbauverwaltungen in der Provinz Hannover bei nordischem Geschiebe aus vorhandenem Material auf 1,9 M, Ilfelder Hochofenschlacken auf 3,6 M, Piesberger Rohlsandstein auf 4,1 M, Plötkyer Sandstein auf 4,3 M und Basalt auf 4,8 M, im allgemeinen zwischen 4 und 5 M. Nach neuerer Angabe von den einzelnen preußischen Provinzialverwaltungen betragen die Kosten einschließlich Regulieren in Hannover: bei Provinzialstraßen 4 M, bei Kreisstraßen 5 M, in Rassel: bei Landstraßen 4,5 M, bei Landwegen 5 M. Der Aufwand stellte sich in Westfalen auf 4,2 M, Sachsen auf 4,9 M, Westpreußen auf 5,2 M, Rheinprovinz 5,3 M, Posen 5,5 M, Schleswig-Holstein 6,3 M, Ostpreußen zwischen 5 und 6 M, Brandenburg 6,5 M und in Schlesien auf 9,1 M. Preise über 7 M sind selten. Der Durchschnittspreis liegt sowohl für Land- als auch Stadtstraßen zwischen 4,5 und 5,5 M für 1 qm.

Die Herstellungskosten einschl. Herrichtung einer neuen Unterlage stellten sich

1. unter 6 M bei den Landesbauverwaltungen Celle 3,5, Güstrow 3,75, Grabow 5, Schwerin, Verden 5,5, Stade 6 bei nordischem Geschiebe, Soest 3,7 bis 4,4 und Bernburg 5 M bei Weichgestein, Soest 4,1—5,5 bei Basalt, Stadt Hagen 5,8 M;

2. von 6—7 M

a) Landesbauverwaltungen:

Dessau 6,5 für Grauwacke, Nienburg 6, Diez 6,4 M,

b) Stadtverwaltungen:

Dortmund 6,8, Essen 7,25 bei Grauwacke, Duisburg 6—6,5, Witten 6,75, Remscheid 6,75 für Basalt;

3. von 7 bis 8 M

a) Landesbauverwaltungen:

Hannover 7, Stade, Gera 7—7,5, Verden 7,5, Brandenburg 8,

b) Stadtverwaltungen:

Braunschweig 6,5—7,5, Gelsenkirchen 7, Stralsund 7,2, Mannheim 7,4, Bonn, Erfurt 7,5, Wanne 7,3—7,8 bei Grauwacke, Flensburg 7,5 bis 7,7, Salzgungen 7,8 M;

4. von 8 bis 9 M bei den Stadtverwaltungen in:

Fürth, Dortmund 8, Mühlhausen i. Th. 8,3, Potsdam, Freiburg i. Br. 8—8,5, Dresden 8,5, Wanne 8,4—8,9 bei schwedischem Granit, Hildesheim 8,75, Rheydt 8,5—9, Wandsbek, Glauchau, Wiesbaden, Stettin 9 M;

5. über 9 M desgl. in:

Nürnberg 9—9,5, Hannover, München 10, Rassel 11—11,5, Leipzig 11,85, Altona 11—12, Danzig 11—13 M.

Die Kosten für 1 qm Kleinpflaster auf neuem Steinschlagunterbau belaufen sich bei den Landesbauverwaltungen im Durchschnitt auf 6,5 bis 7,5, bei den Stadtverwaltungen auf 7—8,5 M. Als Durchschnittspreis ist ein solcher von 7,5 bis 8,5 M anzunehmen. Die Kosten stellen sich bei neuem Unterbau etwa 2,5 bis 3 M höher als bei Benutzung von alter Steinbahn.

Im allgemeinen rechnet man für 1 qm neuen Steinschlagunterbau auf Packlage und Grobschlag einschl. Walzkosten 3 bis 3,5 M, für 1 qm Betonunterbau (je nach dem Mischungsverhältnis und der Höhe) 3,5 bis 4 M.

Die Kosten für Kleinpflaster auf Betonunterbettung stellten sich in

Magdeburg auf 7,7 M gegenüber 6,5 M bei neuer Chausfrierung

Potsdam „ 8,5 M gegenüber 8,3 M bei Chausfrierung

Posen „ 8,3 M gegenüber 10,7 bei neuer Chausfrierung

Essen „ 8—9 M

Dresden „ 12,5—13 M für 1 qm.

In Soest belief sich der Preis bei Umpflasterung von kleineren Großpflasterstrecken in Kleinpflaster einschl. Sezen der Packlage und dergleichen auf 6,1—6,5 M für 1 qm. In Pirna stellte sich würfelförmiges Kleinpflaster auf 4,8 M, solches

mit rechteckiger Kopffläche auf 6,7—7,2 M für 1 qm. Durch Ausguß der Fugen mit einer besonderen Masse werden die Herstellungskosten nicht unerheblich erhöht. So stellte sich Zementausguß in Straßburg auf 1 M, Asphaltverguß in Speyer auf 1,2 M für 1 qm.

Wie die Preise sich im Laufe der Jahre erhöht haben, ergibt sich aus nachstehender Gegenüberstellung:

Baubehörde	Art	früher	jetzt
Dresden Land	ohne Unterbau	5,3—5,16	7
Meißen Land	„	1899: 4,02	5,08 bzw. 5,68 je nach Höhe
Plauen Land	„	5,2—5,5	6,1—7
Stadt Mainz	„	1904: 3,85	1913: 5,25
Frankfurt a. M.	„	1898: 3,4	1913: 5,7
Meißen Land	mit Unterbau	1906: 5,2	6,9 bzw. 7,15

Die Kosten für 1 m Straße betragen

- a) ohne Regulierung der Steinbahn in Ostpreußen 20,2 M, in Wiesbaden 23 M,
- b) mit Regulierung in Westpreußen 20,9 M, Westfalen 21,7 M, Sachsen 21,9 M, Rheinprovinz 26,3 M, Rassel: Landwege 26,5 M, Landstraßen 28 M, Schleswig-Holstein 27,7 M, Brandenburg 32,1 M, Posen 35,6 M und Schlesien 44,5 M.

Die Gesamtkosten für 1 km Straßenlänge sind nicht unerheblich. Während eine normale Steinschlagdecke von 5 m Breite und 10 cm Stärke, also von 50 cbm Basaltschotter auf 100 m Länge, im Regierungsbezirk Wiesbaden im Durchschnitt 7000 M für 1 km kostet, stellten sich die Kosten für 1 km Kleinpflaster (bei einem Preis von 0,5 M für Herrichtung der chaussierten Fahrbahn und 4,5 M für die Kleinpflasterdecke) auf insgesamt 25 000 M, in der Rheinprovinz ohne Vorbereitung der unteren Decke ebenfalls auf rund 25 000 M und in der Provinz Westfalen auf 26 000 bis 28 000 M. Die Anlagekosten des Kleinpflasters sind somit 3 bis 4 mal so teuer wie die Erneuerung der gewöhnlichen Beschotterung. Trotz teurer Herstellung verdient das Kleinpflaster vor den Steinschlagbahnen in jeder Beziehung und auf alle Fälle den Vorzug.

Die Herstellungskosten eines in üblicher Weise hergestellten Kleinpflasters sind zwar im Vergleich zu einer Kleinschlagbahn teuer, im Vergleich zu Großpflaster auf Sand- oder fester Unterbettung dagegen billig und billiger als Reihenspflaster. Mit einem Aufwande von nur etwa ein Drittel, höchstens der Hälfte der Kosten wird vielfach derselbe Zweck erreicht, den letztere früher allein gewährleistete. In Guben kostete Diagonalreihenspflaster aus Kleinsteinen ebenso viel wie Reihenspflaster 3. Klasse auf Sand.

Bei der Erneuerung des Kleinpflasters fällt die Instandsetzung des Unterbaues fort und stellen sich die Kosten der Erneuerung auf Landstraßen um etwa 0,5 M für 1 qm billiger als die Kosten der ersten Herstellung. Außerdem ist auch der Wert des Altmaterials in Abzug zu bringen, über dessen genaue

Kosten Erfahrungen noch nicht vorliegen. Im Regierungsbezirk Wiesbaden schätzt man den Wert auf 3500 M für 1 km oder 0,7 M für 1 qm und hält diesen eher zu niedrig als zu hoch, da außer dem Randstein auch noch ein mehr oder minder breiter Streifen des Kleinpflasters an den weniger befahrenen Seiten der Steinbahn wieder verwendet werden kann. In Hannover hält man diesen Wert zu gering, da in der Regel ein nicht unerheblicher Teil des Ausbruchmaterials zur Wiederverwendung geeignet sein wird. In der Rheinprovinz rechnet man bei Verwendung des Altmaterials als Schotter an Ort und Stelle den Wert durchschnittlich auf 3700 M für 1 km.

Selbst wenn die chaussierten Straßen in dem bisherigen Zustand erhalten bleiben sollen, sind die Straßenbauverwaltungen durch die außerordentlich starke Abnutzung, welche die Steinbahnen durch den Verkehr von Kraftfahrzeugen, insbesondere durch Lastkraftwagen und Kraftomnibusse erfahren, zu erhöhten Aufwendungen gezwungen. Die Kosten für die Unterhaltung chaussierter Landstraßen erhöhen sich ganz bedeutend und steigen auf das Doppelte und Dreifache. Die jährlichen Unterhaltungskosten für Chaussierung sind verschieden. Sie betragen in der Provinz Westfalen ohne Wärterkosten in ländlichen Gegenden 100 M, im Industriegebiet 354 M, im Durchschnitt 260 M für 1 km. Im Regierungsbezirk Rassel stellten sich die durchschnittlichen Unterhaltungskosten seit Jahrzehnten gleichmäßig auf 400 M für 1 km. In Darmstadt beliefen sich die jährlichen Unterhaltungskosten einschl. Wartung nach dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre auf 942 M für 1 km. Schließlich werden die dafür verursachten Aufwendungen so groß, daß nur der Übergang zum Kleinpflaster übrig bleibt. Dieses stellt im Vergleich zu der Unterhaltung anderer Befestigungsarten, insbesondere aber den Steinschlagbahnen auf Landstraßen eine große Ersparnis dar und besteht kein Zweifel, daß eine ausgedehnte Verwendung von Kleinpflaster auf Landstraßen die laufenden Unterhaltungskosten wesentlich zu mindern geeignet ist.

Die Unterhaltungskosten des Kleinpflasters beliefen sich bei dem Landesbauamt in Güstrow in den ersten Jahren (einschl. Bekieseln, Steinverlegung, Abschlammen) durchschnittlich auf 65 M, in den letzten vier Jahren durchschnittlich auf 234 M für 1 km jährlich. Das Kleinpflaster hat somit im Mittel 150 M für 1 Jahr und 1 km gekostet einschl. Beaufsichtigung bei Ausführung der Ausbesserungen gegen 80 bis 100 M bei Steinschlagbahnen, die dort durchschnittlich mindestens 12 Jahre halten. Es ist indessen dabei zu berücksichtigen, daß es sich um Findlingsmaterial von sehr verschiedener Härte handelt. In Parchim beliefen sich die Kosten für die größeren Ausbesserungen der Findlings-Kleinsteine auf 300 bis 400 M für 100 m. Auf den Provinzialstraßen der Provinz Hannover wurden dagegen zu kleinen Ausbesserungen für 1 km Straße rund  $\frac{2}{3}$  cbm Kleinpflastersteine verbraucht.

Beim Landesbauamt in Helmstädt war bisher bei der Statsaufstellung 1 Pf. für 1 qm in Ansatz gebracht worden. Hiervon ist nur ein ganz unbedeutender Betrag für Ausbesserungen verbraucht worden. Da jedoch namentlich die Basaltpflasterungen in den nächsten Jahren vielfach Ausbesserungen bzw. Erneuerungen erfordern, so kann mit einem mittleren Aufwand von 2 Pf. für 1 qm im allgemeinen gerechnet werden.

In der Provinz Brandenburg werden die Unterhaltungskosten, die auch bei starkem Verkehr nur 3 Pf. für 1 qm gegenüber 30 Pf. für 1 qm Chausfierung betragen, als sehr gering bezeichnet. In der Stadt Braunschweig beliefen sich die zur Unterhaltung der Kleinpflasterstraßen in den letzten Jahren aufgewendeten Kosten auf 3 bis 6 Pf. pro 1 qm und Jahr. In Frankfurt a. M. sind sie in einem Zeitraum von 19 Jahren allmählich bis auf etwa 6 Pf. gestiegen und belaufen sich in Straßen mit schwachem Verkehr auf 2 Pf., in solchen mit mittlerem auf 4 Pf. und schwerem Verkehr auf 10 Pf. In der Stadt Dresden haben sich die jährlichen Unterhaltungskosten in den ersten 6 bis 8 Jahren auf durchschnittlich 2 Pf., später auf etwa 5 bis 8 Pf. für 1 qm gestellt. In Danzig waren sie in den ersten 5 Jahren nach der Ausführung ganz unerheblich und beliefen sich dann auf 6 bis 10 Pf. pro 1 qm und Jahr. In der Stadt Stettin haben sich die Unterhaltungskosten auf 0 bis 10 Pf. für 1 qm jährlich belaufen. In München hat man auf grund einer Rundfrage die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten in verkehrsschwachen Straßen auf 5 Pf., bei mittlerem Verkehr auf 10 Pf. und in stark befahrenen Straßen auf 15 Pf. für 1 qm angenommen. Beim Landesbauamt in Straßburg waren sie bei Grauwacke aus den Vogesen in den ersten 3 bis 4 Jahren ganz unbedeutend, stiegen aber später auf 10 bis 24 Pf. für 1 qm und Jahr.

Was die Erfahrungen bezüglich der Unterhaltungskosten des Kleinpflasters auf den Landstraßen anbelangt, so werden die Unterhaltungskosten in der Provinz Schleswig-Holstein als gering angegeben, auch in Ostpreußen verursacht das Kleinpflaster nur unbedeutende Unterhaltungskosten. In der Provinz Sachsen hofft man, daß die Erwartungen bezüglich einer billigen Unterhaltung in Erfüllung gehen werden. In der Provinz Posen hatten sich nach Verlauf von 9 bis 10 Jahren Unterhaltungskosten noch nicht als erforderlich erwiesen. In der Provinz Schlesien hat das in Zementmörtel hergestellte Kleinpflaster, wenn es tadellos verlegt war und ihm genügend Zeit zum Abbinden gelassen war, so gut wie überhaupt keine Unterhaltungskosten erfordert. Dieses Urteil wird von den einzelnen Landesbauämtern in vollkommenstem Maße bestätigt. Im Bezirk des Landesbauamts Münster beliefen sich die Unterhaltungskosten auf etwa 17 M für 1 Jahr und 1 km Kleinpflaster. Von wenig Ausnahmen abgesehen, sind überhaupt keine oder nur geringe und unbedeutende Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten entstanden.

Die Wartungskosten bei Stein Schlagbahnen belaufen sich in der Provinz Sachsen auf etwa 225 M, in Schleswig-Holstein bei Verwendung von Basalt auf 280 M für 1 km Straße. Nach den Erfahrungen im Regierungsbezirk Wiesbaden betragen die Wärterkosten bei Decken von vierjähriger Dauer 330 M. Sie können an der Steinbahn proportional mit der Deckendauer angenommen werden und vermindern sich mit einem Jahr mehr an Deckendauer um 15 M. Sie betragen somit bei einer Deckendauer von

4 Jahren 330 M für 1 km	10 Jahren 240 M für 1 km
6 „ 300 M „ 1 km	12 „ 210 M „ 1 km
8 „ 270 M „ 1 km	

Während die Kosten für die Reinhaltung und das Schlammabziehen auf den Landstraßen mit Stein Schlagbahnen erheblich sind, sind die eigent-

lichen Wartungskosten beim Kleinpflaster infolge der geringen Staub- und Schlamm-  
bildung außerordentlich gering und wesentlich geringer als bei den Steinschlagbahnen.  
Sie belaufen sich nach Angaben vom Landesbauamt Wiesbaden bei gleichen maß-  
gebenden Faktoren auf etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{6}$  derjenigen chaussierter Strecken. Nach Funk  
betragen die Unterhaltungskosten einer Kleinpflasterdecke unter Berücksichtigung  
dauernd kleiner Ausbesserungen im Regierungsbezirk Düsseldorf bei älteren An-  
lagen  $\frac{1}{4}$ , im Kreise Darmstadt bei neuen Anlagen  $\frac{1}{7}$  derjenigen einer Chausseedecke.  
Im allgemeinen kann man  $\frac{1}{5}$  annehmen und in besonderen Fällen höchstens  $\frac{1}{10}$ .

Ein besonderer Vorzug des Kleinpflasters ist auch darin zu erblicken, daß die  
Beauffichtigungskosten verringert werden, so daß es möglich ist, die Bezirke der  
Straßenmeister zu vergrößern.

## 8. Beurteilung des Kleinpflasters.

### A) Vom Standpunkt des Verkehrs.

Das Kleinpflaster gewährt das Bild einer ebenen Bahn und hat den Vorzug  
einer gleichmäßigen Oberfläche, so daß es bezüglich der Gefälligkeit des Aussehens  
selbst weitergehenden städtischen Ansprüchen vollkommen gerecht wird. Es ist für den  
Fuhrwerksverkehr sehr angenehm und befährt sich viel angenehmer als Reihenspflaster.  
In der Provinz Sachsen ist man der Meinung, daß der Verkehr die glatte Bahn gern  
aufsucht. Die Oberfläche des Kleinpflasters ist nicht allein bei trockenem, sondern auch  
bei nassem, feuchtem und nebligem Wetter und auch nach erfolgter Beprengung nicht  
schlüpfrig. Die Pferde haben infolgedessen auf dem Pflaster einen ausgezeichneten  
Halt und ist die Verkehrssicherheit des Kleinpflasters ebenso groß oder  
größer als die anderer Pflasterarten. Von Summersbach wird hervorgehoben, daß  
das Kleinpflaster dem Fuhrwerk eine ebene und genügend rauhe Bahn bietet. Nach  
Ansicht in der Provinz Brandenburg steht es außer Zweifel, daß eine ausgiebige  
Belegung der Chausseen mit Kleinpflaster die Sicherheit einer glatten Verkehrs-  
entwicklung, welche das öffentliche Interesse immer mehr fordert, in hohem Maße  
gewährleistet.

Das Kleinpflaster trägt wegen seiner ebenen Oberfläche wesentlich zur  
Schonung der Zugtiere und der Fuhrwerke bei. In Diez ist  
man der Meinung, daß die Pferde bei schweren Lasten auf Großpflaster leichter an-  
ziehen wie auf Basaltkleinpflaster. Ist aber das Fuhrwerk in Bewegung, dann ziehen  
die Pferde auf Basaltkleinpflaster leichter. In Schleswig-Holstein haben indessen  
Besitzer von Luxusfuhrwerken bisweilen über das harte Pflaster geklagt, welches die  
Pferde vor der Zeit steif in den Beinen macht.

Die für den Wagenverkehr erforderliche Zugkraft ist sehr gering. Der  
Zugwiderstand wird nach Angaben von der Provinz Hannover den Steinschlag-  
bahnen gegenüber stark und zwar zeitweise bis zu 100 Proz. vermindert. Unter  
Zugrundelegung eines Reibungswiderstandes der Chausseierung von  $\frac{1}{50}$  und des

Kleinpflasters von  $\frac{1}{75}$  berechnet Funf\*) die jährliche Mehrleistung eines Zweispänners bzw. Ersparnis an Pferdmaterial infolge Benutzung von Kleinpflaster anstatt Chauffierung im Flachlande zu etwa  $\frac{1}{4}$  und im Hügellande zu etwa  $\frac{1}{8}$  der seitherigen Leistung. Nach seinen Berechnungen sind infolge Erleichterung des Verkehrs die Ersparnisse an Transportkosten in der Praxis nicht größer als diejenigen der Unterhaltungskosten.

Im allgemeinen ist das Kleinpflaster mit Rücksicht auf seine angenehme Fahrbarkeit und seine geringen Zugwiderstände für den Verkehr sehr geeignet. Die dem Publikum zugute kommende Ersparnis von Unterhaltungskosten von Fuhrwerken und Zugtieren bedeutet zweifellos einen wirtschaftlichen Nutzen des Kleinpflasters.

Die Belästigungen fallen fort, die dem Verkehr aus den andauernden Ausbesserungen der Steinschlagbahn erwachsen. Wegen der geringeren, schneller und leichter auszuführenden Ausbesserungen und der erst nach vielen Jahren notwendig werdenden Umlegung wird der Verkehr viel weniger gestört als bei Schotterstraßen.

Während durch die starke Staubbildung auf chauffierten Straßen die Übersichtlichkeit und damit die Sicherheit des Verkehrs in hohem Maße beeinträchtigt wird, wird die Gefahr des Zusammenstoßens von Fuhrwerken beim Kleinpflaster vermieden. Im übrigen wird das Kleinpflaster auch gern von Radfahrern befahren.

## B) Vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege.

### a) Staubbildung.

Im Gegensatz zu Matadam, welcher selbst bei einwandfreiem Material und sachgemäßer Herstellung sich unter dem Verkehr außerordentlich abnutzt und in Folge der klimatischen Verhältnisse in der einen Hälfte des Jahres zur Staubbildung und Staubplage und damit in hygienischer Hinsicht zu großen Übelständen Veranlassung gibt, ist Kleinpflaster reinlicher und staubfreier. Seit Ausführung des Kleinpflasters hat sich die Staubbildung sehr verringert und ist der Zustand der Landstraßen im Sommer ein befriedigender. Dies wird von allen Seiten bestätigt.

So wird von Straßburg, Dresden und Mainz hervorgehoben, daß die Staubbildung wesentlich geringer als bei Steinschlagbahnen ist. In der Provinz Ostpreußen hat sich die Staubbildung als bedeutend geringer als bei chauffierten Strecken erwiesen, so daß es in dieser Hinsicht nur empfohlen werden kann. Nach den Erfahrungen in der Rheinprovinz, wo das Kleinpflaster schon seit 18 Jahren erprobt wurde, hat es den Vorzug, staubmindernd zu sein. In der Provinz Brandenburg wird der Standpunkt vertreten, daß Kleinpflaster bei trockener Witterung Staubbildung nur in geringem Maße aufkommen läßt. Leipzig und Pirna geben an, daß die durch Kraftwagen bewirkte Staubbildung ganz bedeutend verringert wird. In Summersbach wird hervorgehoben, daß Kleinpflaster wenig Staub erzeugt. Bei dem Landesverband Wiesbaden wird als Vorzug die starke Verminderung, fast Aufhebung der Staubplage hervorgehoben. In der Provinz

\*) Funf-Büdingen. Die Rentabilität von Kleinpflasterungen. Wasser- und Wegebau-Zeitschrift. Jahrgang 1913, Nr. 6.

Hannover ist es auf die geringe Staubentwicklung des inzwischen weit ausgedehnten Kleinpflasters zurückzuführen, daß verhältnismäßig wenig Klagen über Staubbelästigung durch den Kraftwagenverkehr laut geworden sind. Nach Mitteilungen aus der Provinz Schlesien wirken die Kleinpflasterungen sehr günstig auf die Staubverminderung, wenn sie über die ganze Straßenbreite reichen und die Fugen durch Zementmörtel geschlossen sind. In der Provinz Posen wird hervorgehoben, daß Kleinpflaster in dieser Hinsicht auf den dortigen Landstraßen wenig Erfolg verspricht, so lange der zur Staubbelästigung erheblich beitragende Sommerweg, der fast überall vorhanden ist, bestehen bleibt und nicht befestigt wird. In der Provinz Schlesien wird es als fast staubfrei erklärt, wenn nicht der Wind den Staub von den angrenzenden Ländereien auf die Fahrbahn treibt. Nach Ansicht von Wiesbaden bleibt das Kleinpflaster infolge der vielen Fugen länger feucht und ist deshalb staubbindender als Großpflaster. In der Provinz Schleswig-Holstein sind die Anwohner durch die Verringerung von Staub und Schlamm so sehr befriedigt, daß sie teilweise bereit sind, die Hälfte der Herstellungskosten zu tragen.

Während die Staubbefreiheit in der Provinz Brandenburg als ein Vorteil des Kleinpflasters angesehen wird, hält man in der Provinz Westfalen das Kleinpflaster für das wirksamste Mittel gegen die Staubplage. Auch nach den Anschauungen beim Bezirksverband Rassel eignet sich das Kleinpflaster zur Verhütung der Staubentwicklung auf den Straßen. Der Staubentwicklung ist daselbst mehrfach dadurch entgegengetreten worden, daß im Laufe der letzten Jahre längere Strecken mit Kleinpflaster auf vorhandener Chausseierung versehen worden sind.

### β) Geräuschbildung.

Infolge der ebenen Oberfläche entstehen beim Kleinpflaster nur wenig Stöße und wird deshalb wenig Geräusch erzeugt. In Summersbach wird hervorgehoben, daß sich in letzterer Beziehung besonders das Grauwackepflaster auszeichnet. Auch in Essen wird die schalldämpfende Wirkung angenehm empfunden. Das Kleinpflaster zeichnet sich gegenüber dem Großpflaster durch Milderung der Stöße aus. Nach Ansicht von Dresden, Mannheim, Posen, Essen ist im allgemeinen das Geräusch beim Befahren des Kleinpflasters geringer als bei Pflasterungen mit Großpflaster.

Das Geräusch liegt im Anfang etwa in der Mitte zwischen dem des Asphalts und des Großpflasters, und genügt im allgemeinen das Kleinpflaster hinsichtlich der Geräuschlosigkeit weitergehenden Ansprüchen.

In besonderen Fällen wie z. B. beim Befahren von den mit Eisen beschlagenen Rädern der Anhängewagen ist es verhältnismäßig geräuschvoll. Nach Beobachtungen in Fürth ist das Pflaster bei Zementfugendichtung geräuschvoller als bei Sandfugen. Wenn wie in Posen das Kleinpflaster auf 12—15 cm starker Betonunterlage mit einer Zwischenschicht von Zement und Sand ruht und die Fugen mit Zementmörtel ausgefüllt sind, entsteht eine steinartige Verbindung der Decke mit der Unterlage und damit eine zusammenhängende Schallplatte. Dadurch wird nicht allein das Geräusch bedeutend vermehrt, sondern auch der Schall durch den Untergrund zu den Häusern geleitet. Das verursachte Dröhnen und starke Ge-

räusch hat in Posen bei den Anliegern zu großen Beschwerden und zur Aufgabe der Bauweise geführt.

Im allgemeinen entsteht aber auch unter gewöhnlichen Verhältnissen im Laufe der Jahrzehnte namentlich bei Basaltsteinen von kleineren Abmessungen eine starke Abrundung der Ranten und damit eine vermehrte Geräuschbildung. In den besseren Wohnstraßen der Städte ist deshalb das Kleinpflaster weniger beliebt und haben in Frankfurt a. M. die Anlieger sich freiwillig zur Tragung der Mehrkosten von Asphalt gegenüber dem Kleinpflaster bereit erklärt.

Das Geräusch ist auf Landstraßen von geringer, auf städtischen Straßen dagegen in neuerer Zeit von immer mehr erhöhter Bedeutung.

Neben den Vorteilen der Staub- und Geräuschkinderung kommt in hygienischer Hinsicht noch in Betracht, daß bei späteren Ausbrüchen der Pflasterdecke eines in gewöhnlicher Art hergestellten Kleinpflasters sowohl der Sand in den Fugen als auch der Bettungsand vollkommen rein waren. Man kann daraus auf eine dichte Ausführung und auf eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit des Pflasters schließen. Das Kleinpflaster wird außerdem infolge der zahlreichen Fugen viel schneller wieder trocken als Steinschlagbahnen. Es ist somit in hygienischer Hinsicht von großem Vorteil.

### C) Vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit oder Rentabilität.

Über die Fälle, in denen ein Kleinpflaster wirtschaftlich gerechtfertigt ist oder nicht, sind die Meinungen geteilt. Im allgemeinen sind Schotterdecken von zweijähriger Dauer bei Kleinpflaster nicht in gutem Zustand zu erhalten und empfiehlt sich dann nur die Verwendung von Großpflaster. In Westfalen hat es sich bei dem starken Verkehr im Industriegebiet als wirtschaftlich herausgestellt, das Kleinpflaster durch Mittelpflaster zu ersetzen.

In Ostpreußen ist man der Meinung, daß wirtschaftliche Vorteile dort vorliegen, wo Chausseestrecken in Zeitabständen von 5—6 Jahren eine Neuschüttung erfordern. Nach den Anschauungen beim Landesverband Wiesbaden ist die Wirtschaftlichkeit erwiesen, da ein Kleinpflaster ebenso lange als 5 Basaltdecken hält. In Schleswig-Holstein wird die Herstellung von Kleinpflaster bei Umwandlung von Steinschlagbahnen bei 4jähriger Deckenerneuerung als wirtschaftlich erachtet. In der Rheinprovinz gilt das Kleinpflaster bei Herstellungskosten in Höhe von etwa 4 M und seiner die gewöhnliche Decke um das Dreifache übertreffenden Dauer in vielen Fällen für wirtschaftlich. In Bayern ist man der Ansicht, daß bei schwerem Verkehr, bei dem Basaltdecken in längstens drei Jahren zu erneuern sind, Kleinpflaster zu verwenden ist. Nach den Erfahrungen und Berechnungen im Regierungsbezirk Rassel wird das Kleinpflaster bei einer Deckendauer von 2—2½ Jahren wirtschaftlich. Im allgemeinen ist das Kleinpflaster der Steinschlagbahn bei einem Verkehr von Kraftwagen und besonders bei Kraftomnibussen wirtschaftlich überlegen. Viele Provinzialverwaltungen haben deshalb die abgefahrenen Schotterdecken nicht mehr erneuert, sondern sind aus wirtschaftlichen Erwägungen mit der Herstellung von Kleinpflaster an Stelle von Chausseierung vorgegangen. Das Pflaster ist sowohl dort wirtschaftlich gerechtfertigt,

wo eine Schotterbahn als Unterbau benutzt werden kann, als auch dort, wo ein solcher erst geschaffen werden muß.

Auf stärker in Anspruch genommenen Straßen steht es nach den Erfahrungen außer Zweifel, daß Kleinpflaster daselbst bei hohen Materialpreisen trotz der höheren Herstellungskosten den Vorzug verdient. Wenn auch die erste Anlage einen weit größeren Kostenaufwand erfordert als die Herstellung einer Kleinschlagbahn, so erwartet man doch von jenem eine wesentlich längere und zwar Jahrzehnte lange Haltbarkeit. Die Mehrkosten an Herstellung und Verzinsung werden durch den geringen Bedarf an Unterhaltungsmaterial und durch die bedeutende Ersparnis an Unterhaltungskosten hinreichend aufgewogen.

Es steht außer Zweifel, daß die beim Kleinpflaster erzielte Ersparnis bedeutend ist und ist die Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters für Straßen mit starkem Verkehr gegenüber dem Schotterdeckenbetrieb unbestreitbar erwiesen. Die betreffenden Ziffern stellen sich in den verschiedenen Gegenden außerordentlich verschieden und ist streng genommen in jedem einzelnen Fall die Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters auf Grund einer vergleichenden Kostenberechnung zu prüfen. Die Unterlagen für die Berechnung stehen jedoch nicht allenthalben zur Verfügung. So haben in Schleswig-Holstein abschließende Erfahrungen über die Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters noch nicht gemacht werden können. In der Provinz Hannover fehlen zuverlässige Ermittlungen über die Wartungskosten der Kleinpflasterbahnen im Vergleich zu den Schotterbahnen, um genaue Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters anzustellen. In Westfalen können bei der großen Verschiebung des Verkehrs in den Industriebezirken allgemeine Angaben darüber, wann es wirtschaftlich ist Kleinpflaster zu verwenden, nicht gemacht werden.

Bei den wirtschaftlichen Erwägungen ist zu prüfen, ob die Verzinsung der Mehrkosten für die Anlage des Kleinpflasters verhältnismäßig erheblich ins Gewicht fällt oder nicht, und zu untersuchen, ob das Kleinpflaster die Straßenunterhaltung überhaupt billiger gestalten kann als bei Makadam und bejahendenfalls, bei welchen Straßen eine derartige Verbilligung eintritt.

Die Grundlagen für die Berechnung bilden:

1. Anlagekosten des Kleinpflasters und einer normalen Decklage,
2. Wärterkosten an der Steinbahn bei Kleinpflaster und Chauffierung,
3. Haltbarkeit des Kleinpflasters im Vergleich zur Chauffierung,
4. Wert des Kleinpflaster-Altmaterials bei der Umlegung und Erneuerung des Pflasters,
5. Zinsfuß.

Die Berechnung selbst erfolgt nach folgenden Gleichungen:

1. Der Wert eines Anlagekapitals  $K$  wie die Anlagekosten für 1 km Kleinpflaster, welches zu  $k\%$  auf jährliche Zinseszinsen ausgeliehen ist, wächst nach  $n$  Jahren auf

$$K_n = Kp^n, \text{ wobei } p = 1 + \frac{K}{100} \text{ den Zinsfuß bedeutet.}$$

2. Legt man im Anfang eines jeden Jahres einen bestimmten Betrag  $K$  (wie z. B. die jährlich zur Unterhaltung einer Schotterdecke aufzuwendenden Kosten) zurück, so wachsen diese mit Zins und Zinseszinsen nach  $n$  Jahren auf

$$K_n = Kp \frac{(p^n - 1)}{p - 1}$$

Leon\*) führt die Berechnung in einem Sonderfall für eine Straße von 5 m Breite mit einem Verschleiß von jährlich 15 cbm für das Jahr und 100 m Länge durch und legt zugrunde:

1. Unterhaltungskosten 2050 und Wärterkosten in Höhe von 450 M, insgesamt 2500 M,
2. Anlagelkosten des Kleinpflasters mit 30 000 M für 1 km,
3. Erneuerungskosten des Kleinpflasters mit 24 000 M,
4. geschätzte Haltbarkeit des Kleinpflasters 24 resp. 30 Jahre,
5. Zinsfuß zu 4 Prozent.

Das Ergebnis ist wie folgt:

	1. Zeitabschnitt von 24 oder 30 Jahren		2. Zeitabschn. von 48 Jahren
	M	M	M
a) <b>Chaussierung:</b>			
Zins und Zinseszinsen der jährlichen Unterhaltungskosten von 2500 M . . . . .	102 000	146 000	362 000
b) <b>Kleinpflaster:</b>			
Anwachsen des Anlagekapitals von 30 000 M . . . . .	76 890	} 116 000	} 280 000
Jährliche Wärterkosten mit 150 M	6 090		
	rd. 83 000	116 000	280 000
<b>Gegenüber den bisherigen Unterhaltungskosten</b>			
Gesamtersparnis	19 000	30 000	82 000
oder jährlich	468		566
<b>Die Unterhaltung des Kleinpflasters erfordert somit für 1 Jahr und 1 km bei gleichbleibenden Preisen . . . . .</b>	2500—468 =		2500—566
	rd. 2030		= 1934

Wenn die Deckendauer oder der Schotterverschleiß einer Straße nicht bekannt ist, läßt sich durch Verkehrszählungen der Verkehr in Nettotonnen feststellen und daraus

\*) Vortrag von Landesbaurat Leon-Wiesbaden über „Kosten der Herstellung und Unterhaltung sowie Dauer und Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters.“

ermitteln, bei welchem Verkehr das Kleinpflaster wirtschaftlich ist. Nach Feststellungen von Leon verschleißt bei Massengüterverkehr der Transport von 1 Tonne netto Ladung über 1 km unter normalen Verhältnissen 0,0016 cbm Basaltschotter. Danach verschleifen eine Decke von 500 cbm auf 1 cbm  $\frac{500}{0,0016} = 312\,500$  Tonnen Ladung. Wenn die Wirtschaftlichkeit des Kleinpflasters bei 10jähriger Deckendauer liegt, entspricht dies einem Verkehr von  $\frac{312\,500}{10}$  Tonnen für das Jahr oder 104 Tonnen bzw. 35 Fuhren zu 3 Tonnen für den Arbeitstag. Eine Straße mit einem Verkehr von mehr als 100 Tonnen für den Tag ist danach zweckmäßig mit Kleinpflaster zu belegen, eine solche mit geringerem Verkehr ist weiter mit Schotter zu behandeln.

Nach Leon erhält man einen Vergleich der Kosten zwischen Kleinpflaster und Makadam, indem man die jährlichen Kosten mit Zinsen und Zinseszinsen und die aufgerechneten Endsummen der einzelnen Zahlenreihen miteinander vergleicht. Bedeutet A die Kosten der Herstellung der Decklage, p den Zinsfuß und W die Wärtterkosten, so ist

$$A_1 = A + A p + W \text{ die Schuld am Ende des ersten Jahres}$$

$$A_2 = A_1 + A_1 \cdot p + W \text{ die Schuld am Ende des zweiten Jahres.}$$

Nach Ablauf der zweiten Deckenperiode sind die Erneuerungskosten zuzuschlagen und wird die Rechnung dann für die zweite Periode durchgeführt. Der Unterschied in den Endsummen der Unterhaltungskosten beider Pflasterarten gibt einen Anhalt darüber, ob das Kleinpflaster wirtschaftlich und in der Unterhaltung verbilligend ist. Bei Berechnung dieser Werte für Deckendauern von 4, 6, 8 und 10 Jahren und Auftragung der Ergebnisse in graphischen Darstellungen ergibt sich für die Verhältnisse beim Bezirksverband Wiesbaden allgemein folgendes:

1. Die Wirtschaftlichkeit ist erwiesen für Straßen mit starkem Verkehr und kurzer Deckendauer. Je kürzer diese ist, desto billiger wird die Unterhaltung.
2. Es ist wirtschaftlich in Straßen mit schwachem Verkehr und langer Deckendauer und zwar um so mehr, je länger die Deckendauer ist.

Für Nassau liegt nach den gemachten Annahmen die Grenze ungefähr bei einer Deckendauer von 10 Jahren und kann nun mit Rücksicht auf den Automobilverkehr, der Makadamstraßen stark, Kleinpflaster kaum angreift, als Grenze eine 12jährige Deckendauer annehmen.

Diese günstige Beurteilung des Kleinpflasters wird nicht allenthalben geteilt und wird entgegengehalten, daß bei Straßen mit einer Deckendauer von 12 Jahren wohl der bei weitem größte Teil aller Landstraßen in Frage kommt. Für diesen Fall entstehen aber neben Zinsen in Höhe von 1000 M noch sonstige allgemeine Ausgaben in Höhe von etwa 200 M, somit Gesamtkosten von rund 1200 M für das Jahr und Kilometer, welche die finanzielle Leistungsfähigkeit übersteigen.

Funk kommt bei Berechnung des Minimalverkehrs und des Minimalbedarfs an Deckmaterial zu dem Schluß, daß eine Rentabilität nur bei einem Verkehr von

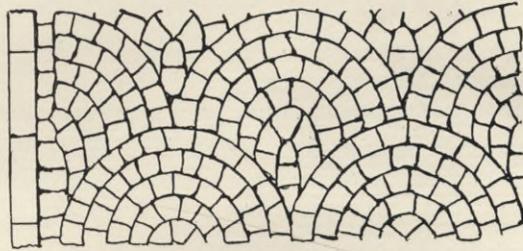


Abb. 11. Bogenförmige Verlegung.

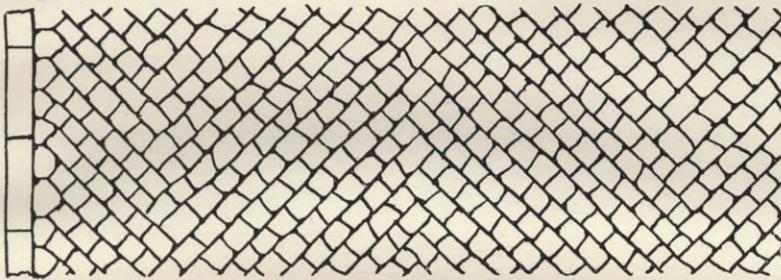


Abb. 12. Anordnung in Diagonalfreihen.



Abb. 13. Erste im Jahre 1885 bei Stade verlegte und noch heute liegende Kleinpflasterstraße.

---

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

30 000—38 000 Tonnen brutto und einem Deckmaterialbedarf von 30—34 cbm für 1 km jährlich vorliegt. In der Regel wird es sich für Chausseen mit einem Verkehr von 53 000 Tonnen brutto und einem Deckmaterialbedarf von mindestens 40 cbm für 1 km jährlich rentieren. Er gibt eine Vereinfachung und Verbilligung der Straßenunterhaltung zu, zieht aus den Berechnungen indessen den Schluß, daß die Anlage von Kleinpflaster auf Grund der Rentabilität für den Straßenunterhaltungsfonds nur in verhältnismäßig seltenen Fällen praktisch wird. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, daß die Gesamtdauer einer 8—10 cm starken Kleinpflasterdecke bis zur völligen Abnutzung mindestens 12 mal so groß ist als diejenige einer Schotterdecke von gleicher Stärke.

Auf verkehrsarmen Straßen, bei denen die billige Schotterdecke dem Fuhrwerksverkehr gut standzuhalten vermag und sich viele Jahre hält, bleibt die Stein Schlagüberdeckung vorteilhaft. Eine Straße mit geringem Verkehr mit Kleinpflaster zu belegen, ist infolge der höheren Herstellungskosten ebenso verkehrt und unwirtschaftlich wie eine Straße mit starkem Verkehr in Chausseierung zu belassen. Kleinpflaster erscheint für wenig belastete Strecken von untergeordneter Bedeutung ausgeschlossen, da die Verzinsung und Amortisierung des Baukapitals sich höher stellen würde wie die Unterhaltungskosten der chausseierten Fahrbahn und die Aufbringung der bedeutenden Kapitalien mit Schwierigkeiten verknüpft und unter Umständen unmöglich ist. Um auch auf solche Strecken die Vorteile des Kleinpflasters zu ermöglichen, wurden im Jahre 1908 beim Landesbauamt Darmstadt zur Verringerung der Herstellungskosten Untersuchungen in verschiedener Art angestellt. Man hat die Anlagelkosten durch Verwendung von 4—6 cm bzw. 6—8 cm hohen und weniger sorgfältig gerichteten Steinen und durch eine weniger sorgfältige und daher billigere Vorbereitung der Fahrbahn zu ermäßigen gesucht. Dabei wurden die zu hohen Stellen abgedickt und die tieferen Stellen mit lose geschüttetem Basaltgrus nach der Schablone ausgefüllt und eine Sandschicht von 8—10 cm Höhe aufgebracht, die nach dem Rammen nur noch eine Höhe von 4—5 cm hatte. Die Versuche haben in technischer Hinsicht bei geringem und leichtem bzw. mittelstarkem Verkehr nach Verlauf von einigen Jahren befriedigt. In finanzieller Hinsicht ist zu bemerken, daß die Kosten sich auf 4,9 bzw. 4,5 M gegenüber 5,5 M für 1 qm bei normalem Kleinpflaster stellten. Bei einem Einheitspreis von 4,5 M für 1 qm beträgt der Kostenbetrag für 1 km Straße bei 5 m breiter Fahrbahn  $S = 5 \times 1000 \times 4,5 \times 22\ 500$  M. Dieser wächst in  $n$  Jahren mit Zins und Zinseszins auf  $S \times 1,0.p^n$ , wobei  $p$  den Zinsfuß in Prozent bedeutet. Da die jährlichen Unterhaltungskosten der chausseierten Straßen nach dem Durchschnitt der letzten Jahre 942 M für 1 km betragen und nach Ausführung des Kleinpflasters sich auf 150 M für 1 km ermäßigen, rechnete man mit einer jährlichen Ersparnis von 800 M. Rechnet man mit einer Dauer des Pflasters von 40 Jahren, so muß in diesem Zeitraum das Kapital nebst Zinsen und Zinseszinsen durch die Ersparnisse gedeckt sein. Die jährlich zu ersparenden Unterhaltungskosten  $x$  berechnen sich aus der Gleichung

$$S \times 1,0.p^{40} = \frac{x \cdot 1,0.p(1p^{40}-1)}{1p-1}$$

im vorliegenden Falle auf 1010 M. Da die Ersparnisse in Wirklichkeit nur 800 M betragen, müssen jährlich 210 M zugeföhrt werden. Diese Kosten dürften indessen durch die ansehnlichen Vorteile des Kleinpflasters aufgewogen sein.

Trotzdem beide Strecken bis zum Jahre 1913 sich gut gehalten und keine Ausbesserungen erfahren hatten, glaubt man neuerdings an den üblichen Abmessungen festhalten zu sollen, da mit abnehmender Größe meist auch die Sorgfalt bei der Bearbeitung der Steine abnimmt, der Preisunterschied in der Gegenwart viel geringer als früher ist und die Zunahme der Lastautos gegen die Verwendung kleinerer Steine spricht.

In anderen Fällen, wie z. B. im Regierungsbezirk Kassel und im Landkreise Darmstadt, wurde die Beobachtung gemacht, daß die Deckenerneuerung bei chaussierten Straßen sich nur auf den mittleren Teil in einer Breite von 3—3,5 m erstreckt, dagegen die seitlichen Wangen längere Zeit unverändert erhalten bleiben können. Während man in Kassel in solchen Fällen die Belegung mit Kleinpflaster nicht für wirtschaftlich hält, hat man in Darmstadt in die Mitte der chaussierten Fahrbahnen Kleinpflasterstreifen von beschränkter Breite eingebaut und die äußeren Streifen in Chaussierung belassen. Nachdem eine im Jahre 1908 hergestellte Strecke mit einem Pflasterstreifen von 2,5 m Breite sich bewährt hat, hat man im Jahre 1912 weitere Versuche in Waldstrecken angelegt, die im Sommer Autoverkehr und im Winter sehr lebhaften Verkehr mit Holzfuhrwerken aufwiesen. In den ländlichen Bezirken erachtet man schmale Streifen in einer Breite von 3—4 m für genügend und vorteilhaft.

Wenn auch die Anschauungen über die Grenze der Wirtschaftlichkeit noch geteilt sind, so wird doch allgemein anerkannt, daß auf allen stärker befahrenen Landstraßen und städtischen Steinschlagbahnen die Ausführung von Kleinpflaster nicht allein im Verkehrsinteresse, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen zweckmäßig und das Kleinpflaster in wirtschaftlicher Hinsicht eine der billigsten Straßenbefestigungsarten ist.

#### D) Beurteilung in allgemeiner Hinsicht.

Das Urteil über Kleinpflaster ist allenthalben gleich günstig und unterliegt es keinem Zweifel, daß das Kleinpflaster sowohl auf Landstraßen wie auf städtischen Straßen sich einer gewissen Beliebtheit erfreut.

In der Provinz Hannover hat das zuerst im Jahre 1885 hergestellte Kleinpflaster sich vorzüglich bewährt. Das Kleinpflaster erfreut sich daselbst großer Beliebtheit nicht nur des Kraftverkehrs, sondern auch des Verkehrs der gewöhnlichen Landfuhrwerke. In der Provinz Posen haben sich die ausgeführten Kleinpflasterungen nicht allein auf Landstraßen, sondern auch in Städten und kleineren Ortschaften gut, in der Provinz Ostpreußen überall bestens bewährt.

Beim Bezirksverband Kassel haben die mehrfach ausgeführten Kleinpflasterungen sich überall gut bewährt. In der Rheinprovinz hat das Kleinpflaster im allgemeinen alle Hoffnungen, die man bei seiner Einführung hegte, voll erfüllt. Beim Bezirksverband Wiesbaden sind die Erwartungen, die man bei der Einführung an das Kleinpflaster stellte, weit übertroffen worden.

In der Provinz Schlesien hat Kleinpflaster auf Zementmörtel mit Zementausfüllung der Fugen sich gut bewährt. Das in Sand gesetzte Kleinpflaster mit Fugenausguß bewährt sich noch bei mittelstarkem Verkehr aufs beste, solches mit Ausfüllung der Fugen mit Sand dagegen weniger gut. Auch in der Provinz Westfalen hat sich das Kleinpflaster bei sachgemäßer Ausführung und nicht zu schwerem Verkehr überall bewährt.

Wenn man die Auskünfte der einzelnen Landesbauverwaltungen einer näheren Durchsicht unterzieht, findet man, daß das aus fester Gesteinsart und in richtigen Abmessungen hergestellte Kleinpflaster sich nicht allein in Preußen, sondern auch in Sachsen, Hessen, Anhalt und anderen mindestens gut, vielfach sehr gut und sogar vorzüglich bewährt und den gestellten Anforderungen in jeder Hinsicht entsprochen hat. Von den Städten, in denen das Kleinpflaster meist nur in Straßen mit leichtem und mittlerem Verkehr zur Ausführung gelangte, liegen ausnahmslos ebenfalls nur Äußerungen über gute Bewährung vor. Nach den Erfahrungen bei den Bauverwaltungen von Krotoschin, Kosen, Flensburg, Münster und Idstein ist Kleinpflaster auf gutem und festem Unterbau auf Straßen mit starkem Verkehr den Steinschlagbahnen in jeder Beziehung vorzuziehen und ist auf verkehrsreichen Straßen geboten.

In Krotoschin ist man der Meinung, daß es bei dem vorhandenen, nicht besonders schweren Verkehr dem Großpflaster nicht nachstehend ist. Nach den Erfahrungen in Idstein ist es in vielen Fällen dem Großpflaster vorzuziehen und nach denjenigen in Kosen erheblich besser als Großpflaster.

In Mühlhausen i. Th. hat es sich besser als das in bedeutendem Umfang ausgeführte Schlackenpflaster, in Wiesbaden bei mittlerem Verkehr ebenso gut wie Großpflaster gehalten, und in Breslau war es bei starkem Verkehr dem vollen großen Würfelsteinpflaster gleichkommend.

Als bester Beweis für die Zweckmäßigkeit des Kleinpflasters kann die schnelle Ausbreitung über ganz Norddeutschland dienen.

## 9. Grundsätze für die Anwendung.

Nach den, von zahlreichen Behörden während eines Zeitraums von 27 Jahren mit dem Kleinpflaster gemachten Erfahrungen kommt das Kleinpflaster in erster Linie zur Überpflasterung alter Steinschlagbahnen, somit als Ersatz von Matadamstraßen, unter Umständen auch anstelle von Großpflaster in betracht. Es ist nicht allein für Landstraßen, sondern auch für Straßen in kleineren Ortschaften und Städten jeder Art geeignet.

Bei den *L a n d s t r a ß e n* können die Gründe für die Einführung von Kleinpflaster anstelle von Kleinschlagbahnen in den einzelnen Gegenden von verschiedener Art sein. In den Küstengegenden wie in der Provinz Hannover ist dies der Fall, weil es an natürlichem Material fehlt und die Herbeischaffung des in großen Massen zur Unterhaltung erforderlichen Steinmaterials durch weite Transporte zu teuer

kommt. In der Provinz Schleswig-Holstein sind solche Strecken für Kleinpflaster ausgesucht worden, welche wegen ungünstigen Untergrundes oder dumpfer und feuchter Lage in den Wäldern kostspielig zu unterhalten waren. In anderen Fällen ist es auf Straßen mit mittlerem und schwerem Verkehr in Gegenden des Zuckerrübenbaues oder von industrieller Tätigkeit verwendet worden. Das Kleinpflaster dient allgemein dort als Ersatz der Steinschlagbahnen, wo ein sehr starker Verkehr herrscht und so groß und schwer geworden ist, daß der Steinschlag ihn auf die Dauer nicht ertragen kann. Kleinpflasterungen werden deshalb dort ausgeführt, wo solche gegenüber dem bisherigen Verfahren der Unterhaltung und Erneuerung der Decklagen von Steinschlagchaulseem wirtschaftliche Vorteile bieten. Im oberschlesischen Industriegebiet mit einem Verkehr bis zu 3000 Zugtieren täglich sollen die Steinschlagbahnen, welche nicht mehr in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten sind, nach und nach durch Kleinpflaster ersetzt werden. In neuerer Zeit erscheint Kleinpflaster außerhalb der großen Städte und überall da, wo der Verkehr im raschen Wachsen ist und die Dauer der Schotterdecken ebenso schnell sinkt, zugleich ein für die Staubminderung zweckmäßiges und nicht allzu teures Mittel. Es empfiehlt sich somit die Herstellung des Kleinpflasters auf Landstraßen, welche einen regeren Kraftwagenverkehr besitzen.

Für die Umgestaltung einer Kleinschlagdecke in eine Kleinpflasterbahn ist indessen nicht immer die entsprechend kurze Dauer der alten Decke maßgebend, sondern es wird auch auf manchen, namentlich bebauten Landstraßenstrecken mit unbedeutendem Verkehr Kleinpflaster angelegt. In der Provinz Hannover hat das seinen Grund in den anderen Vorzügen des Kleinpflasters. In der Rheinprovinz sind vielfach die Wünsche der Anlieger auf Verbesserung der Straßenverhältnisse maßgebend, namentlich soweit sie sich auf Verminderung des durch den Schnellverkehr aufgewirbelten Staubes beziehen. Auch im Regierungsbezirk Wiesbaden ist beabsichtigt, in solchen Fällen die Straßen von geringerer Deckendauer mit Kleinpflaster zu belegen. Wenn der Grad des Verkehrs das Kleinpflaster noch nicht wirtschaftlich erscheinen läßt, müssen Gemeinden, Anlieger oder Interessenten, die aus irgendwelchen Gründen solches wünschen, freiwillig entweder einen Teil oder die gesamten Mehrkosten gegen die einer gewöhnlichen Schotterdecke tragen.

Ähnliche Gründe liegen auch bei **O r t s c h a f t e n** und in der **N ä h e v o n g r o ß e n S t ä d t e n** vor. Im Gebiet des Bezirksverbandes Rassel wird angestrebt, in geeigneten Fällen, besonders in Ortschaften vorhandene Chaulseerungen durch Kleinpflaster zu ersetzen. In der Provinz Brandenburg sind zunächst die dem größten Verkehr und damit dem stärksten Verschleiß ausgefetzten Strecken in den Vorortgebieten der größeren Städte mit Kleinpflaster versehen worden. In der Provinz Pommern hält man den Übergang zum Kleinpflaster als das sicherste Mittel gegen die schädlichen Einwirkungen der Lastkraftwagen auf verkehrsreichen Landstraßen, besonders in der Nähe von Städten. In der Provinz Sachsen ist bei der Auswahl der Kleinpflasterstraßen nicht nur die Dauer der zu beseitigenden Kleinschlagbahn maßgebend, sondern es werden besonders auch solche Decken berücksichtigt, bei denen eine stets gute Fahrbahn erwünscht ist, wie die Strecken in den Ortslagen und solche mit lebhaftem Durchgangsverkehr.

In der Rheinprovinz soll das Kleinpflaster neuerdings erweiterte Anwendung finden, wo die Provinzialverwaltung dazu beitragen will, in bisher nur beschotterten Ortseingängen und auch bei Einzelbebauung in landschaftlich bevorzugten Gegenden der Rheinprovinz, namentlich auf den Straßen in engen Tälern, der allmählich unerträglich werdenden Staubplage infolge des Kraftwagenverkehrs doch einigermaßen abzuhelpfen.

Im Regierungsbezirk Kassel wird mit Kleinpflasterungen bei längerer Bedendauer vorgegangen, wenn die örtlichen Verhältnisse in bebauten Ortschaften wie Verminderung von Staub und der Störungen durch Unterhaltungsarbeiten dies begründet erscheinen lassen.

Das Kleinpflaster ist auch in der Nähe von Villen- und Arbeiterkolonien, von Bädern und Sommerfrischen zu empfehlen, wo die durch das Kleinpflaster sehr verminderte Bildung von Staub von Bedeutung ist.

Für die Verwendung des Kleinpflasters kommen des weiteren die Straßen in den Städten in betracht. Das Kleinpflaster kann in fast sämtlichen Straßen kleiner Städte als Ersatz für Grobplaster gelten und in größeren mit Vorteil das Matakampplaster ersetzen. Insbesondere kann man in den Wohnstraßen der Vorortbezirke und Landhausbezirke, wo der Wagenverkehr noch nicht erheblich und verhältnismäßig gering ist und auch nur leichtes Fuhrwerk verkehrt, mit Kleinpflaster als Fahrbahnbefestigung auskommen. Das billigere und geräuschlosere Kleinpflaster leistet hier dieselben Dienste wie Grobplaster und ist letzteres in solchen Straßen nicht gerechtfertigt. Es kann auch in solchen Wohnstraßen in Betracht kommen, in denen die Verwendung von Asphaltbelägen wegen allzu großer Steigung ausgeschlossen ist.

In Villenvierteln und in Anlagen wirkt Kleinpflaster in gefälliger Weise und schließt sich mehr dem Charakter der Gegend an wie Asphalt und Grobplaster.

In vielen Städten wie Hannover, Stettin, Altona, Glauchau, Dresden, Hildesheim, Selsentkirchen, Remscheid und Nürnberg hält man das Kleinpflaster in Straßen mit schwachem und leichtem oder mäßigem bis mittlerem — nicht schwerem — Verkehr für geeignet.

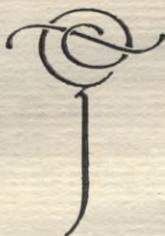
In einigen Städten wie Altona und neuerdings auch Nürnberg ist beabsichtigt, sämtliche Schotterstraßen mit mittlerem Verkehr mit Kleinpflaster zu belegen. In einigen anderen Fällen wie z. B. in Frankfurt a. M. werden die nach außen führenden und einem lebhafteren und schweren Verkehr ausgesetzten chaussierten Vorortstraßen mit Kleinpflaster belegt, und hat in Breslau das Kleinpflaster in Straßen mit schwerem Verkehr Anwendung gefunden.

Während das Kleinpflaster auf Land- und Stadtstraßen als endgültige Befestigung angesehen wird, benutzt man es in München und Zürich bei der Anlage von Straßen auch als provisorische Befestigung. Neue Straßen, die noch nicht vollständig bebaut sind und mit Rücksicht auf das Setzen des Bodens über Rohrgräben keine endgültige Befestigung erhalten können, erhalten in München ausschließlich eine Kleinsteindecke auf 15—30 cm starkem Riesmatadam. Diese ist in der Höhenlage derart angeordnet, daß sie bei späterer Herstellung des endgültigen Pflasters zum Teil oder ganz als Unterbau dienen kann. Wenn die Bebauung und die Versorgung der Straße mit unterirdischen Leitungen erfolgt und das Kleinpflaster abgenutzt oder zerstört

ist, erfolgt der endgültige Ausbau der Straße und zwar je nach ihrer Bedeutung in verschiedenartiger Weise. In Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung wird nach Verstärkung der Riesmakadamdecke das Kleinpflaster in die endgültige Höhenlage gebracht. In Straßen mit größerem Verkehr wird nach Beseitigung des Kleinpflasters das endgültig vorgesehene Großpflaster auf die vorhandene Unterbettung aufgebracht. Bei beabsichtigter Asphaltierung solcher Straßen wird das Kleinpflaster als Unterbau belassen und in seiner Oberfläche mit einer dünnen Zementmörtelschicht abgeglichen und dient dann als Unterlage für den Asphalt. Diese Bauweise ist insbesondere in Zürich in neuerer Zeit in immer weitgehendem Maße mit gutem Erfolg zur Anwendung gelangt. In Frankfurt a. M. wurde im Jahre 1913 eine Kleinpflasterdecke welche nach Verlauf von 10 Jahren geräuschvoll geworden war, in ihrer Oberfläche mit Zementbeton ausgeglichen und dann mit einer 3—4 cm starken Guß- bzw. Walzasphaltschicht versehen. Da der Randsteinvorstand bei bestehenden Straßenanlagen nicht immer hinreichend ist, ist in Zukunft beabsichtigt, die Kleinpflasterdecke zu beseitigen, die alte Makadamschicht mit einem Zementüberzug zu versehen und hierauf einen geeigneten Asphaltbelag aufzubringen.

Man ersieht aus diesen Fällen, daß sich dem Kleinpflaster sowohl auf Land- als auch auf Stadtstraßen eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit bietet. Das Kleinpflaster ist in seiner Anwendung jedoch bei größeren Steigungsverhältnissen, den Einbau von Straßenbahngleisen oder unterirdischen Leitungen sowie bei größeren Ansprüchen auf Geräuschlosigkeit beschränkt. Ebenso ist es dem Verkehr auf den viel von sehr schweren Lastfuhrwerken befahrenen Landstraßen und den städtischen Hauptverkehrsstraßen nicht gewachsen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



# Aktiengesellschaft Eisfelder Steinwerke

## Eisfeld (Sieg)

---

---

### **Pflastersteine**

aus Westerwälder Basalt, grobkörnigem Zähbasalt (Dolorit), nicht glättend, ferner aus bester oberbergischer Grauwacke und Biedenkopfer Syenit (Grünstein).

**Besonderheit:** Pflastersteine mit geschliffenen Köpfen für geräuschloses Pflaster.

**Kleinpflaster-, Mosaik-, Bordsteine** in allen vorgenannten Steinsorten.

**Basalt - Säulen** für Geländerpfosten, Schutz- und Nummersteine.

Gespaltene und naturgewachsene **Grenzsteine.**

**Kopf-, Satz- und Senksteine** für Wasserbau.

**Mauersteine,** roh und hammerrecht bearbeitet. **Fertige Werksteine.**

**Kleinschlag** in allen Korngrößen, für Wege- u. Bahnbauzwecke.

**Feinschlag, Splitt und Grus**  
für Beton besonders geeignet.

# C. G. Kunath

Telegr.-Adr.:  
Granit  
Dresden

# Dresden

Telephon:  
Dresden  
13197, 23710

14 eigene Steinbrüche

Bestergrau-blauer Granit

Ueber 1300 Arbeiter

Vollkommenste technische  
Einrichtungen

liefern mit Maschinen geschlagene

## Kleinpflastersteine als Spezialität

außerdem:

bossierte und halbbossierte Reihen-  
steine, polygonale Kopfsteine, Bord-  
schweller, Bordsteine, Trottoirplatten,  
Grenzsteine, rohe Säulen, Schotter-  
steine und alle Arten Werksteine für  
Hoch- und Tiefbau

---

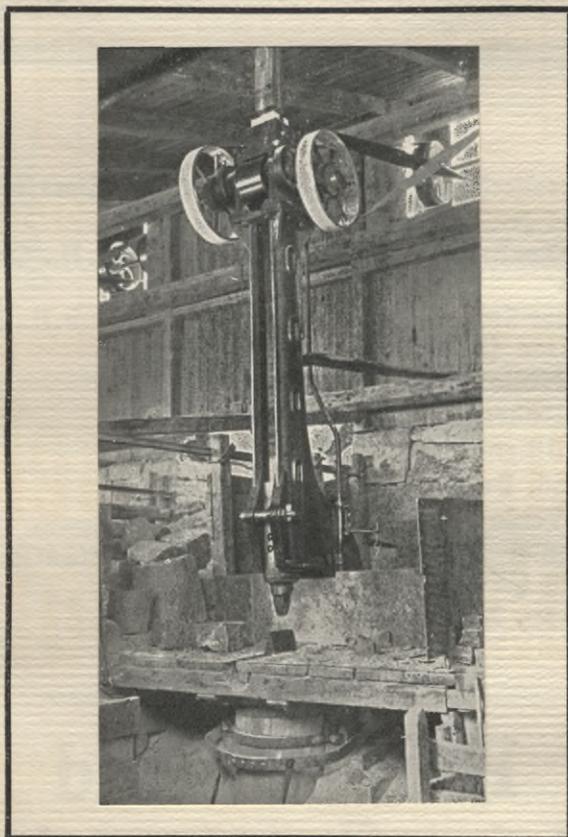
---

**1913: 190 000 tons Versand**

# Steinspaltmaschine

==== D. R. P. ====

zum Spalten von Groß- und Kleinpflastersteinen, sowie Mosaiksteinen. Größte Ersparnis und Leistung namentlich in zähem, mühsam zu spaltendem Gestein.



Interessenten belieben sich zu wenden an die

**Aktiengesellschaft**  
**Bornholmer Granitwerke**  
zu Hamburg Alsterdamm 17

# Rheinisch - Westfälischer Steinmarkt

Verein zur Wahrung der Interessen der Grauwackestein-Industrie.

Sitz: Dieringhausen (Rheinpr.)

Fernruf 426 Gummersbach, Drahtadresse: Steinmarkt-Dieringhausen.

---

---

## Mitglieder:

Aktiengesellschaft Eiserfelder Steinwerk, Eiserfeld (Sieg)  
Karl Kind jr., Kotthausen (Rheinland)

Grauwackenbrüche Karl Kohlmeier G. m. b. H., Gummersbach

Lambacher Steinbrüche u. Pulverwerke G. m. b. H., Dieringhausen (Rhld.)

Eduard Müller, Remscheid

Wittwe Hubert Offermann, Lindlar

I. Reeh, Dillenburg

C. Weyand, Duisburg

C. Smit, Venlo (Holland)

Wuppertaler Steinwerke, Sebastian Helmstädter, Beyenburg (Wupper)

Hugo Zapp, Meinerzhagen i. Westfalen

Dieselben liefern:

## Pflaster- und Kleinpflastersteine

allerbester Qualität, und sehr guter Bearbeitung, in verschiedenen Größen. Trottoirsteine, Mosaik- und Kantsteine, Bord- und Werksteine, Grenzsteine, Bossenquader und Bossenverblendung, Bruchsteine, Kleinschlag, Splitt, Grus, Schlagkrotzen und Packlagesteine, Mauersand.

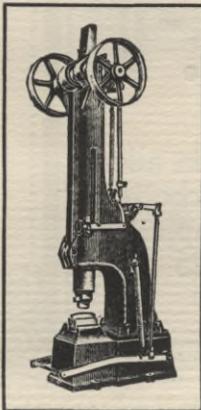
**Eisenwerk Coswig & Maschinenbau Calberla**

**Akt.-Ges.**

liefert

**Coswig i. Sa.**

# Steinspalt-Maschinen



**für Groß-  
u. Klein-Pflastersteine**

in modernster Konstruktion zu  
mäßigen Preisen.

Schnelle Lieferung.

**Spalt-Versuche werden jederzeit  
bereitwilligst ausgeführt.**

# J. G. Dümling

Gegründet 1835 **Schönebeck a. d. Elbe** Gegründet 1835

**Zweigniederlassung Hamburg**

Steinbruchbetriebe bei Plötzky, Pretzien  
u. Dannigkow; Verladestation Gommern,  
Bez. Magdeburg, Wasserverladung bei  
Pretzien a. d. Elbe, liefert

**sämtliche Sorten**

## **Kleinpflastersteine**

Lieferant vieler staatlicher u. kommunaler Behörden.



# Odenwälder Hartstein-Industrie A.-G.

Darmstadt.

Pflastersteine, Kleinpflaster, Säulen in allen Größen, Mosaiksteine, Bordsteine, Schotter, Grus, Sand, Betonmaterial. / Basaltplatten für Fußwege, Bahnsteige usw. mit 25 oder 9 Kuppen und ungekuppt.



## Hannoversche Basaltwerke

mit beschränkter Haftung



Hannover, Lutherstr. 31 B



Fernruf: Nord 7430



Telegramm-Adresse: Basalt

Lieferrn aus eigenen Betrieben:

### Basalt-

Klein- und Reihenpflastersteine,  
Kleinschlag für Straßen- u. Eisen-  
bahnbau, Splitt, Grus.

### Granit-

Werksteine für Hoch- und Tief-  
bau, Bordsteine, Grenzsteine,  
Reihenpflastersteine.

# Mitteldeutsche Hartstein-Industrie A.-G.

Frankfurt a. M., Gutleutstraße 5 I.

Telephon: Hansa Nr. 1013 und 1014. Bankkonto: Deutsche Bank. Postscheckkonto: Frankfurt a. M., 3815

## Hartbasalt-Werke:

Wächtersbach

Steinau (Kreis Schlüchtern)

Nieder-Ofleiden b. Marburg a. L.

## Anamesit-Werk:

Mühlheim a. Main

(mit ausgedehntem Steinhauereibetrieb)

Eigene Anschlußgleise in sämtlichen Werken. 14 Steinbrecher schwerster Konstruktion. Tagesleistung u. Versand 150-200 Wagg. Jahresversand ca. 45 000 Wagg.

# Bayerische Granitaktiengesellschaft

Regensburg

**Granitpflastersteine** in allen Sorten

Spezialität: **Kleinpflastersteine**

aus ihren Brüchen bei Vilshofen und Nittenau

ferner: **Werksteine, Stufen,  
Platten, Randsteine**

in jeder Größe, Form und Bearbeitung, sowie

**Schotter und Bruchsteine**

# Groß-, Klein-, Mosaik- Pflaster - Steine

Werksteine, Steinschlag, Grus und Sand

**Granitwerk Albert Bornschein**  
Rudolstadt

**Union Deutsche Verlagsgesellschaft**  
BERLIN S 61      Zweigniederlassung Berlin      Blücherstr. 31

Alljährlich erscheint in unserem Verlage das

## Kommunale Auskunftsbuch

Gemeindehandbuch und Adreßbuch deutscher  
.. .. Stadt- und Gemeinde-Verwaltungen .. ..

Dieses Gemeindehandbuch stellt eine umfassende Uebersicht der deutschen Städte und Gemeinden, ihrer Verwaltung, ihrer politischen, wirtschaftlichen und Personalverhältnisse dar; es ist ein erschöpfendes Adreß- u. Auskunftsbuch über alles, was die Angelegenheiten deutscher kommunaler Verwaltungen betrifft. Die Angaben erstrecken sich auf Größe, Finanzen, Allgemeine Verwaltung, Verwaltungszweige, Wirtschaftliche Unter-  
.. .. .. nehmungen, Kommunale Neuprodukte .. .. ..

Unter Mitarbeit der Gemeinden selbst wird das Buch herausgegeben,  
es ist also in seiner zeitgemäßen Bearbeitung  
durchaus zuverlässig und kostet nur Mark 15,—.

**Union Deutsche Verlagsgesellschaft**  
Zweigniederlassung Berlin S 61

In unserem Verlag ist erschienen:

# **Die nutzbaren Gesteins- vorkommen Deutschlands**

## **Verwitterung und Erhaltung der Gesteine**

herausgegeben und bearbeitet von

**Dr. C. Gäbert, Bergrat Prof. Dr. Steuer,  
Karl Weiss**

Mit 125 Abbildungen

Preis geheftet M 18,50, gebunden M 20,—

Ferner:

# **Technik der Steingewinnung und Steinverarbeitung**

unter Mitwirkung von

**Reg.-Baumeister a. D. Mandel  
und Ingenieur A. Spielmann**

herausgegeben von  
**KARL WEISS**

Mit 531 Abbildungen

Preis geheftet M 22,50, gebunden M 24,—

Beide Bände bilden das „Handbuch der Steinindustrie“, doch ist jeder Band in sich abgeschlossen und einzeln käuflich. Die Erfahrung der Herausgeber und die Mitarbeit der hervorragendsten Fachleute bürgen für die Güte, des Werkes, das für die gesamte Steinindustrie von grundlegender Bedeutung ist.

# DER STEINBRUCH

Zeitschrift für die Kenntnis und Verwertung  
natürlicher Gesteine und Erden / Fachblatt  
für alle Steinbruch-Betriebe, Steinbearbei-  
tungs-Werkstätten, Sand- und Erdgruben

Offizielles Organ großer Fachverbände

**Redaktion: Bergat Prof. Dr. A. Steuer  
in Darmstadt und Karl Weiss, Berlin**

**Verlag der Union Deutsche Verlagsgesellschaft  
Zweigniederlassung Berlin**

Fernspr. Moritzpl. 4707 u. 4708 \* Berlin S 61, Blücherstr. 31

Erscheint wöchentlich Montags. Bezugspreis vierteljähr-  
lich M 2,50 für Deutschland und Oesterreich-Ungarn,  
.. .. .. M 3,— für das Ausland .. .. ..

Anzeigen: 10 Pf. für die vierspaltene Zeile für jeden  
mm Höhe. Bei Wiederholung Rabatt. Gelegenheits-  
Anzeigen (Stellenges., Submiss. etc.) 5 Pf. pro mm Höhe

---

---

Die Zeitschrift behandelt mit besonderem Interesse alle  
Fragen technischer und wirtschaftlicher Art auf dem Ge-  
biete der Wegebaustoffindustrie. Sie verfügt über einen  
großen Stab hervorragender Mitarbeiter aus dem Gebiete  
der Steinindustrie und des Straßenbauwesens. Alle Neu-  
erungen auf wegebautechn. Gebiete werden in der Zeitschrift  
fortlaufend berichtet und kritisch behandelt. Die Zeitschrift  
ist daher unentbehrlich für kommunale und Staatsbauämter

---

---

Wechselweise Verbreitung an sämtliche Steinbruch-  
betriebe, Steinbearbeitungswerkstätten, Sand und Erd-  
gruben, sowie an kommunale und Staatsbaubehörden,  
Baumeister, Hochschulen etc.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300182