

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1903. Heft 31.

Über die Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Raum- gewicht der Chamotte-Sande.

(Sechste Mitteilung über den Ton von St. Louis.)

Von Dr. Otto Mühlhaeuser.

Denkt man sich die Mischungen der Sande als aus Klassen bestehend zusammengesetzt, so kann man in diesem Sinne von einer Zusammensetzung der Sande sprechen, dieselben durch Absieben in Klassen scheiden — analysieren¹⁾ — und umgekehrt daraus wieder — durch Synthese — aufbauen.

Je nachdem nun die Zusammensetzung variiert, ist auch das Raumgewicht solcher Mischungen verschieden. Um die zwischen Zusammensetzung und Raumgewicht bestehenden Beziehungen zu ermitteln, habe ich Mischungen aus reinen Klassen nach einem bestimmten Plane aufgebaut und deren Raumgewichte bestimmt.

Die Bestimmung der Raumgewichte der einzelnen Klassen war natürlich in erster Linie von Interesse. Zur Herstellung der Sande wurde gebrannter Ton²⁾ von nachstehender Zusammensetzung verwendet:

Al ₂ O ₃	39,26	Proz.
SiO ₂	56,08	-
Fe ₂ O ₃	3,09	-
CaO	0,78	-
MgO	0,51	-
Na ₂ O	0,19	-
K ₂ O	0,07	-

Derselbe war in Form von Ballen, im Ofen mit überschlagender Flamme, bei einer Temperatur, die zwischen Segerkegel 6 und 7 liegt, erbrannt worden. Um den Grad der Gare zu ermitteln, wurden zwei der gebrannten Steine, welche dem obersten und untersten Teile des Ofens entnommen worden waren, untersucht. Einer der Ballen war

Lage der Steine im Ofen	Teile der untersuchten Steine	Porosität		Volum von 100 g Stein ccm
		Vol.-Proz.		
Oben im Ofen	Außere Seite	14,5	44,9	
	do.	16,7	46,3	
	Aus der Mitte	16,3	45,7	
Auf der Sohle	Außere Seite	17,5	47,7	
	do.	17,0	46,2	
	Aus der Mitte	17,9	46,4	

¹⁾ Vergl. O. Mühlhaeuser, Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 149 u. 223.

²⁾ l. c.

Ch. 1903.

der direktesten Einwirkung der Flamme, der andere aber mehr der Hitze der Abgase ausgesetzt gewesen. In der Tabelle sind die Porositäts- und Volumverhältnisse einzelner Teile der Steine verzeichnet.

Der im oberen Teile des Ofens erbrannte Tonbrocken war etwas weniger dicht als der auf der Ofensohle erbrannte Stein. Im Mittel hatten die Steine eine Porosität von 16,7 Vol.-Proz. und das Volumen von 100 g Stein betrug 46,2 ccm. Das spez. Gewicht des gebrannten Materials wurde zu 2,62 ermittelt, der Schmelzpunkt zwischen Segerkegel 30 und 31 liegend gefunden. Behufs Darstellung der Klassen wurde der auf einem Kollergange durch Vermahlen der Steine erhaltene Sand durch successives Absieben durch die Siebe 6, 8, 10, 14, 20, 40, 60, 80 und 100 in die entsprechenden Klassen aufgeteilt. Es ist hervorzuheben, daß man beim Aussieben die nötige Sorgfalt walten ließ, um reine Klassen zu erhalten, und verweise ich in Bezug auf die dabei einzuhaltenden Bedingungen auf eine frühere Arbeit³⁾. Die Raumgewichte der Klassen habe ich nach einer von mir ausgearbeiteten Methode⁴⁾ bestimmt.

I. Das Raumgewicht der Klassen.

Das Raumgewicht der einzelnen Klassen wurde zunächst ermittelt und stellen die in der folgenden Tabelle aufgezeichneten Zahlen die Mittelwerte aus 5 Versuchen (schnelle Methode) dar:

Klasse	ccm Vol. von 100 g Sand	Gewicht von 100 ccm
6	93,6	106,9
8	93,5	106,9
10	94,8	105,5
14	94,5	105,8
18	94,0	106,4
20	91,0	109,9
40	93,0	107,5
60	94,1	106,3
80	94,7	105,6
100	88,4	113,1

Danach will es scheinen, als ob absolut reine Klassen gleich große Raumgewichte besitzen. Daß speziell Klasse No. 100 ein Raumgewicht zeigt, das größer ist als dasjenige der anderen Klassen, kommt

³⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 393.

⁴⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 392.

daher, daß No. 100 keine reine Klasse darstellt, sondern eine Mischung aus der eigentlichen Klasse No. 100 mit all den darunter liegenden Klassen.

100 g des bei Segerkegel 6—7 erbrannten Steins nehmen einen Raum von 46,2 ccm ein. Davon sind 7,7 ccm Porenraum. In Körner gleicher Größe zerlegt, füllen die-

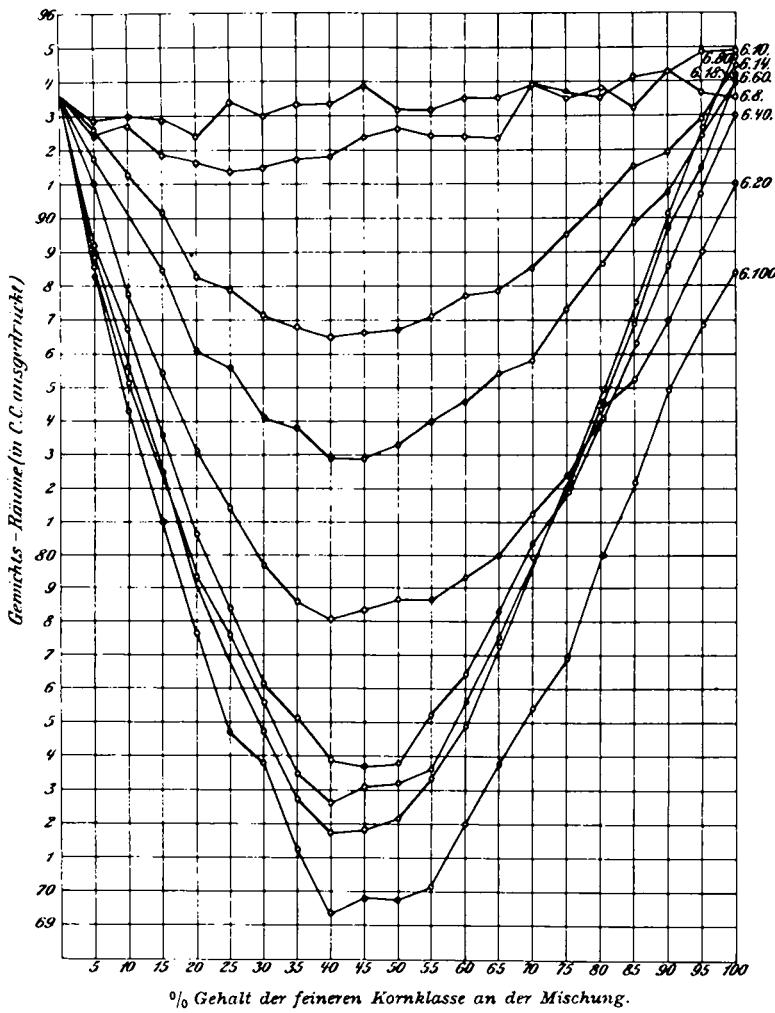


Fig. 1.

In der folgenden Tabelle sind die Hohlräume, wie sie beim Aufschütteln der einzelnen Klassen entstehen bez. gebildet werden, berechnet und verzeichnet:

Klasse	Der gebrannte 100 g-Stein, nicht gemahlen, nimmt ein Volumen ein von		Gemahlen und in Klassen zerlegt, nehmen 100 g Stein ein Volumen ein von	Hohlräume	Porenraum von 100 g Stein
	ccm	ccm			
6	46,2	93,6	47,4	7,7	
8	46,2	93,5	47,3	7,7	
10	46,2	94,8	48,6	7,7	
14	46,2	94,5	48,3	7,7	
18	46,2	94,0	47,8	7,7	
20	46,2	91,0	44,8	7,7	
40	46,2	93,0	46,8	7,7	
60	46,2	94,1	47,9	7,7	
80	46,2	94,7	48,5	7,7	
100	46,2	88,4	42,2	7,7	
6—80 inkl.	46,2	93,7	47,5	7,7	

selben im Mittel einen Raum von 93,7 ccm aus. Davon sind 47,5 ccm Hohlräume, also etwas mehr als die Hälfte.

II. Mischung zweier Klassen.

A. Verhalten der einzelnen Kornklassen gegen die grösste Klasse.

Um zu erfahren, in welcher Weise der Gewichtsraum bez. das Raumgewicht der grössten Kornklasse durch Vermischen mit den feineren Klassen beeinflußt wird, habe ich die Körner der Klasse 6 successive durch 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 und 95 Proz. der feineren Klassen ersetzt und die Gewichtsräume dieser Mischungen (schnelle Methode) bestimmt. Die dabei erhaltenen Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Jede der Zahlen stellt das Mittel aus 5 Bestimmungen dar. (Vergl. das Diagramm Fig. 1.)

Klasse No. 6 Proz.	Feinere Klasse Proz.	K l a s s e								
		6 u. 8	6 u. 10	6 u. 14	6 u. 18	6 u. 20	6 u. 40	6 u. 60	6 u. 80	6 u. 100
100	0	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6
95	5	92,9	92,5	92,6	91,2	91,0	89,2	88,6	88,8	88,4
90	10	93,0	92,7	91,3	88,7	87,7	86,7	85,2	85,6	84,3
85	15	92,9	91,9	90,2	87,5	85,5	83,6	82,4	82,4	81,0
80	20	92,4	91,6	88,3	86,1	83,1	80,6	79,3	79,0	77,6
75	25	93,4	91,4	87,9	85,6	81,4	78,4	77,6	76,7	74,7
70	30	93,0	91,5	87,2	84,1	79,7	76,2	75,6	74,7	73,8
65	35	93,3	91,7	86,8	83,8	78,6	75,1	73,5	72,7	71,2
60	40	93,3	91,8	86,5	82,9	78,0	73,9	72,7	71,7	69,3
55	45	93,9	92,4	86,6	82,9	78,3	73,7	73,1	71,8	69,8
50	50	93,2	92,6	86,7	83,3	78,6	73,7	73,2	72,1	69,7
45	55	93,2	92,4	87,1	84,0	78,6	75,2	74,1	73,4	70,1
40	60	93,5	92,4	87,7	84,6	79,3	76,4	75,6	74,9	72,0
35	65	93,5	92,3	87,9	85,4	80,0	78,3	77,5	77,3	73,7
30	70	93,9	93,9	88,5	85,8	81,2	80,3	79,8	79,8	75,4
25	75	93,5	93,6	89,5	87,3	82,3	81,8	82,2	82,3	76,9
20	80	93,8	93,5	90,4	88,6	84,3	84,1	84,6	84,9	80,0
15	85	93,2	94,1	91,5	89,8	85,2	86,3	86,9	87,5	82,2
10	90	94,3	94,3	91,9	90,7	87,0	88,6	89,7	90,1	84,9
5	95	93,6	94,8	92,9	92,4	89,0	90,7	91,5	92,6	86,8
0	100	93,5	94,8	94,5	94,0	91,0	93,0	94,1	94,7	88,4

Die gefundenen Werte (Gewichtsräume) rechnet und in der nachstehenden Tabelle habe ich in die resp. Raumgewichte umge- verzeichnet.

Klasse No. 6 Proz.	Feinere Klasse Proz.	K l a s s e								
		6 u. 8	6 u. 10	6 u. 14	6 u. 18	6 u. 20	6 u. 40	6 u. 60	6 u. 80	6 u. 100
100	0	106,8	106,8	106,8	106,8	106,8	106,8	106,8	106,8	106,8
95	5	107,6	108,1	107,9	109,6	109,9	112,1	112,9	112,6	113,1
90	10	107,5	107,9	109,5	112,7	114,0	115,3	117,4	116,8	118,6
85	15	107,6	108,8	110,9	114,3	116,9	119,6	121,3	121,3	123,4
80	20	108,2*	109,2	113,3	116,1	120,3	124,1	126,1	126,6	128,8
75	25	107,0	109,4*	113,8	116,8	122,8	127,6	128,8	130,4	133,8
70	30	107,5	109,3	114,7	118,9	125,4	131,2	132,3	133,8	135,5
65	35	107,2	109,0	115,2	119,3	127,2	133,1	136,1	137,6	140,4
60	40	107,2	108,9	115,6*	120,6*	128,2*	135,3	137,6*	139,5*	144,3*
55	45	106,5	108,2	115,5	120,6	127,7	135,7*	136,8	139,2	143,3
50	50	107,3	108,0	115,3	120,0	127,2	135,7	136,6	138,7	143,4
45	55	107,3	108,2	114,9	119,0	127,2	132,9	134,9	136,2	142,6
40	60	106,9	108,2	114,0	118,2	126,1	130,9	132,3	133,5	138,9
35	65	106,9	108,3	113,8	117,1	125,0	127,7	129,0	129,4	135,7
30	70	106,5	106,5	113,0	116,6	123,1	124,5	125,3	122,8	132,7
25	75	106,9	106,8	111,7	114,6	121,5	122,2	121,6	121,5	130,0
20	80	106,6	106,9	110,6	112,8	118,6	118,9	118,2	117,7	125,0
15	85	107,3	106,3	109,2	111,3	117,4	115,9	115,1	114,3	121,6
10	90	106,0	106,1	108,8	110,2	114,9	112,9	111,5	110,9	117,8
5	95	106,8	105,5	107,6	108,2	112,4	110,2	109,3	107,9	115,2
0	100	106,9	105,5	105,8	106,4	109,9	107,5	106,2	105,6	113,1

Man ersieht aus der Tabelle:

1. Daß durch den Ersatz des groben Korns durch das feinere in jeder einzelnen Versuchsreihe das Raumgewicht mehr und mehr zunimmt, ein Maximum erreicht, wieder abnimmt, um sich dem Raumgewicht der zugemischten Klasse mehr und mehr zu nähern.

2. Klassen, deren Körner nur wenig kleiner sind als die Körner der Klasse 6, geben beim Zumischen zu Klasse 6 Mischungen, deren Maximaldichte sehr früh erreicht wird. Klassen mit

feineren Körnern lassen die dichteste Mischung beim Verhältnis 60 grobes Korn zu 40 feines Korn erhalten.

3. Je feiner die Körnung einer Klasse ist, desto mehr erhöht sie beim Vermischen mit Korn 6 das Raumgewicht.

4. Die dichteste Mischung aus einer groben und einer feinen Klasse erhält man beim Vermengen beider Klassen in den folgenden Verhältnissen:

Kornklasse	Mischverhältnis	Raumgewicht
	g	
6 u. 8	80:20	108,2
6 u. 10	75:25	109,4
6 u. 14	60:40	115,6
6 u. 18	60:40	120,6
6 u. 20	60:40	128,2
6 u. 40	55:45	135,7
6 u. 60	60:40	137,6
6 u. 80	60:40	139,5
6 u. 100	60:40	144,3

*B. Verhalten der gröberen Kornklassen
gegen die allerfeinste.*

Nachdem das Verhalten der gröbsten Kornklasse gegen die feineren Klassen in jedem einzelnen Fall festgestellt worden war, erschien es angebracht, anderseits auch das Verhalten der feinsten Klasse gegen die verschiedenen gröberen Klassen in raumgewichtlicher Hinsicht kennen zu lernen.

Wenn man die Klassen 6, 10, 18, 40 und 80 mit der Klasse No. 100 einzeln und in der oben mitgeteilten Weise vermischt, also in den verschiedenen Versuchsreihen das gröbere Korn nach und nach durch No. 100 ersetzt, indem man von 100 g Gewicht ausgeht und bei jedem neuen Versuche 5 Proz. des groben Korns durch die Klasse No. 100 ersetzt, so bekommt man Mischungen, welche bei den Messungen (schnelle Methode) die in der Tabelle verzeichneten Mittelwerte (aus 5 Bestimmungen) ergeben.

Grobes Korn	Klasse No. 100	Klasse				
		6 u. 100	10 u. 100	18 u. 100	40 u. 100	80 u. 100
Proz.	Proz.	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
100	0	92,9	94,4	92,9	92,6	94,0
95	5	88,4	90,3	88,5	89,7	93,2
90	10	84,3	86,1	85,2	87,3	92,1
85	15	81,0	81,7	82,0	85,0	90,5
80	20	77,6	78,5	78,7	82,9	89,1
75	25	74,7	75,9	76,5	81,1	88,0
70	30	73,8	73,4	74,0	79,8	87,0
65	35	71,2	71,5	72,6	79,0	86,0
60	40	69,3*	70,3	71,8	78,0	85,5
55	45	69,8	69,8*	71,6	77,3	85,1
50	50	69,7	70,1	71,0*	77,1*	84,5
45	55	70,1	71,0	71,8	77,5	84,0
40	60	72,0	71,7	72,3	78,1	83,9*
35	65	73,7	--	72,6	--	84,0
30	70	75,4	--	--	--	84,4
Raumgewicht der dichtesten Mischungen		144,3*	143,2*	140,9*	129,7*	119,2*

Das Resultat der Messungen ist also das folgende:

1. Beim Vermischen der feinsten Klasse mit den gröberen Klassen steigt das Raumgewicht der Mischung zweier Klassen mit dem Durchmesser der Körner.

2. Die dichtesten Mischungen aus den gröberen Klassen mit einer feinen

erhält man beim Vermischen beider in den nachstehend verzeichneten Verhältnissen:

Kornklasse	Mischverhältnis	Raumgewicht
6 u. 100	60 u. 40	144,3
10 u. 100	55 u. 45	143,2
18 u. 100	50 u. 50	140,9
40 u. 100	50 u. 50	129,7
80 u. 100	40 u. 60	119,2

III. Zusammensetzung dichtester Mischungen aus mehr als zwei Klassen.

Wie wir gesehen haben, gelangt man beim Vermischen zweier Klassen nach dem oben dargelegten Mischverfahren an einen Punkt, von dem ab der Gewichtsraum der Mischung nicht mehr ab-, sondern zunimmt. Dasselbe findet statt, wenn man der aus 2 Klassen hergestellten dichtesten Mischung eine dritte, vierte u. s. w. Klasse beimischt.

Bei der Herstellung dichtester Mischungen aus mehr als 2 Klassen geht man zunächst ebenfalls von der höchsten Klasse aus, d. h. man tönt die grösste Klasse mit der nächstgrößten ab, solange bis man den Tiefpunkt erreicht hat. Dann rechnet man die Zusammensetzung der Mischung in Prozenten aus und stellt letztere — 100 g — durch Abwiegen der einzelnen Klassen neu dar. Zu der so dargestellten 100 g-Mischung mischt man 5 g der dritten Klasse, bestimmt das Volum der 105 g und rechnet dasselbe auf 100 g um. Man versetzt die 105 g wieder mit 5 g derselben Kornklasse, bestimmt das Volumen der 110 g-Mischung, rechnet dasselbe wiederum auf 100 g um und wiederholt diese Versuche mit den respektiven Umrechnungen solange, bis das Raumgewicht den Höhendpunkt erreicht hat bez. wieder zu fallen beginnt. Das höchste Raumgewicht bezeichnet den Punkt, an dem die dichteste Mischung aus 3 Klassen erhalten wurde. Da man weiß, wieviel man von jeder Klasse zur Erzeugung der dichtesten Mischung hat nehmen müssen, so ergibt eine einfache Rechnung die Zusammensetzung der dichtesten Masse in Prozenten. Die aus 3 Klassen hergestellte dichteste Mischung kann man in derselben Weise mit einer vierten u. s. w. Klasse mischen. Im folgenden habe ich die dichtesten Mischungen aus 4 und mehr Klassen aufgebaut.

Beim Aufbau dieser Mischungen habe ich zur Volumbestimmung stets die sogen. „langsame Methode“ angewendet und nur die Hauptresultate in mit der „schnellen Methode“ erhaltenen Werten angegeben, um die Resultate mit den nach der letzten Methode erhaltenen früheren Resultaten vergleichen zu können.

A. Mischung aus vier Klassen.

1. Mischung aus Klasse 6 und 14.

Wie früher mitgeteilt wurde, besteht die dichteste Mischung aus den genannten Klassen aus:

	Gewichtsraum		Raumgewicht	
	l. M. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g
Klasse	6	14		
Proz.	60	40	78,3	86,5

2. Mischung aus den Klassen 6, 14 und 40.

	Gewicht	Volum	100.V	
			G	ccm
Dichteste Mischung aus No. 6 mit 14 . . .	100	78,4	78,4	
Nach dem Zumischen von 20 g No. 40 . . .	120	87,0	72,5	
25 g do.	125	89,0	71,2	
30 g do.	130	91,7	70,6	
35 g do.	135	94,4	70,0*	
40 g do.	140	98,2	70,1	
45 g do.	145	102,0	70,3	

Die dichteste Mischung besteht demnach aus:

	Gewichtsraum		Raumgewicht	
	l. M. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g
Klasse	6	14	40	
g	60	40	35	
Proz.	44,4	29,6	25,9	70,3

3. Mischung aus 6, 14, 40 und 100.

	Gewicht	Volum	100.V	
			G	ccm
Dichteste Mischung von No. 6, 14 und 40 . . .	100	70,3	70,3	
Nach dem Zumischen von 5 g No. 100 . . .	105	71,4	68,0	
10 g do.	110	73,3	66,7	
15 g do.	115	75,2	65,4	
20 g do.	120	77,6	64,6	
25 g do.	125	80,5	64,4*	
30 g do.	130	83,9	64,5	
35 g do.	135	87,7	64,9	

Die dichteste Mischung ist daher:

	Gewichtsraum		Raumgewicht	
	l. m. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g
Klasse	6	14	20	100
g	44,4	29,6	25,9	25,0
Proz.	35,5	23,7	20,7	20,0

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Messungen zusammengestellt. Die aus den Klassen 6, 14, 40 und 100 erhaltenen dichtesten Mischungen haben folgende Zusammensetzung:

Mischung	Klasse	Gewichtsraum				Raumgewicht	
		l. M. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g	l. M. g	s. M. g
1	Proz.	60,0	40,0	—	—	78,3	86,5
2	Proz.	44,4	29,6	25,9	—	70,3	74,7
3	Proz.	35,5	23,7	20,7	20,0	64,9	68,0

B. Mischung aus sieben Klassen.

(Herstellung der dichtesten Mischungen aus den Klassen 10, 14, 18, 20, 40, 60 und 100.)

1. Mischung aus Klasse 10 und 14.

	Gewicht	Volum	100.V	
			G	ccm
Klasse No. 10	100	82,9	82,9	
Nach dem Zumischen von 5 g No. 14	105	86,4	82,3	
10 g do.	110	89,7	81,6	
15 g do.	115	93,8	81,6	
20 g do.	120	97,3	81,1	
25 g do.	125	100,8	80,6	

Die Mischung besteht somit aus:

	Gewichtsraum	
	l. M. ccm	
Klasse	10	14
g	100	25
Proz.	80,0	20,0

Da der zum Messen dienende Zylinder nur 100 ccm Fassung hatte, so konnte die Aufmischung nicht in einer einzigen Operation durchgeführt werden und wurde daher die aus 80 g No. 10 und 20 g No. 14 zusammengesetzte Mischung mit No. 14 weiter behandelt, wobei die nachstehenden Werte erhalten wurden:

	Gewicht	Volum	100 V	
			G	ccm
Mischung aus 80 g No. 10 und 20 g No. 14 . . .	100	80,8	80,8	
Nach dem Zumischen von 5 g No. 14	105	84,4	80,4	
10 g do.	110	88,4	80,4	
15 g do.	115	91,7	79,7*	
20 g do.	120	95,7	79,8	
25 g do.	125	100,0	80,0	

Die dichteste Mischung besteht daher aus:

	Gewichtsraum		Raumgewicht	
	l. M. ccm		l. M. g	
Klasse	10	14		
g	80	35		
Proz.	69,5	30,5	80,3	124,5

2. Mischung aus den Klassen 10, 14 und 18.

	Gewicht g	Volum ccm	100.V G ccm
Dichteste Mischung aus Klasse 10 und 14 . . .	100	80,3	80,3
Nach dem Zumischen von 5 g No. 18	105	84,0	80,0
10 g do.	110	87,7	79,7
15 g do.	115	91,4	79,5
20 g do.	120	95,2	79,3
25 g do.	125	98,8	79,0

Die Mischung enthält nunmehr:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 10	10	14
g 69,5 30,5	25,0	
Proz. 55,6 24,4	20,0	79,0
		126,6

Der weitere Versatz mit derselben Kornklasse gab folgende Zahlen:

	Gewicht g	Volum ccm	100.V G ccm
Mischung von Klasse 10, 14 und 20 g No. 18 . . .	100	79,0	79,0
Nach dem Zumischen von 5 g No. 18	105	82,7	78,7
10 g do.	110	86,2	78,3*
15 g do.	115	90,2	78,4
20 g do.	120	94,0	78,5

Die dichteste Mischung besteht somit aus:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 10	10	14
g 55,6 24,4	30,0	
Proz. 50,5 22,2	27,3	78,6
		127,2
Probe		78,3

3. Mischung aus Klasse 10, 14, 18 und 20.

	Gewicht g	Volum ccm	100.V G ccm
Dichteste Mischung aus Klasse 10, 14 und 18 . . .	100	78,6	78,6
Nach dem Zumischen von 5 g No. 20	105	81,6	77,7
10 g do.	110	84,5	76,8
15 g do.	115	88,0	76,5
20 g do.	120	91,6	76,3
25 g do.	125	94,8	75,8
30 g do.	130	98,1	75,5

Diese Mischung enthält jetzt:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 10	10	14
g 50,5 22,2	27,3	30,0
Proz. 38,8 17,1	21,0	23,1
Probe		75,5

Und weiterhin:

	Gewicht g	Volum ccm	100.V G ccm
Mischung von Klasse 10, 14, 18 u. 23 Proz. No. 20	100	75,5	75,5
Nach dem Zumischen von 5 g No. 20	105	78,8	75,0
10 g do.	110	82,1	74,6
15 g do.	115	86,0	74,7
20 g do.	120	89,2	74,3*
25 g do.	125	93,5	74,8
30 g do.	130	97,0	75,0

Die dichteste Mischung ist demnach wie folgt zusammengesetzt:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 10	10	14
g 38,8 17,1	21,0	43,1
Proz. 32,3 14,3	17,5	36,0
Probe		74,7

4. Mischung aus den Klassen 10, 14, 18, 20 und 40.

	Gewicht g	Volum ccm	100.V G ccm
Dichteste Mischung aus Klasse 10, 14, 18 u. 20	100	74,7	74,7
Nach dem Zumischen von 5 g No. 40	105	77,4	73,7
10 g do.	110	80,4	73,1
15 g do.	115	83,7	72,8
20 g do.	120	86,8	72,3
25 g do.	125	90,0	72,0
30 g do.	130	93,4	71,9*
35 g do.	135	97,5	72,2
40 g do.	140	101,0	72,3

Resultat:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 10	10	14
g 32,3 14,3	17,5	36,0
Proz. 24,8 11,0	13,5	27,7
Probe		71,9

5. Mischung aus den Klassen 10, 14, 18, 20, 40 und 60.

	Gewicht g	Volum ccm	100 V G ccm	
			100	V
Dichteste Mischung aus den Klassen 10, 14, 18, 20 und 40	100	71,6	71,6	
Nach dem Zumischen von				
5 g No. 60	105	74,5	71,0	
10 g do.	110	77,5	70,5	
15 g do.	115	81,0	70,4	
20 g do.	120	84,5	70,6	
25 g do.	125	88,7	71,0	

Resultat der 5. Mischung:

Klasse	10 g	14 g	18 g	20 g	40 g	60 g	Gewichtsraum		Raumgewicht	
							l. M. ccm	1. M. g	l. M. g	l. M. g
Klasse	10	14	18	20	40	60				
g	24,8	11,0	13,5	27,7	23,0	25,0				
Proz.	19,8	8,9	10,8	22,2	18,4	20,0	70,5			141,8
							Probe	70,4		

Resultat der 6. Mischung:

Klasse	10 g	14 g	18 g	20 g	40 g	60 g	100 g	Gewichtsraum		Raumgewicht	
								l. M. ccm	1. M. g	l. M. g	l. M. g
Klasse	10	14	18	20	40	60	100				
g	19,8	8,9	10,8	22,2	18,4	20,0	30,0				
Proz.	15,2	6,8	8,3	17,1	14,2	15,4	23,1	66,9			149,2
								Probe	67,0		

Aus Korn 10 und den tiefer stehenden Klassen lassen sich demnach die in der

folgenden Tabelle angegebenen 6 dichtesten Massen herstellen:

Mischung	Klasse	10	14	18	20	40	60	100	Gewichtsraum		Raumgewicht	
									l. M. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g
1	Proz.	69,5	30,5					80,3	80,2	91,8	124,5	124,7
2	Proz.	50,5	22,2	27,3				78,6	78,5	89,2	127,2	127,4
3	Proz.	32,3	14,3	17,5	36,0			74,3	74,7	84,4	134,6	133,8
4	Proz.	24,8	11,0	13,5	27,7	23,0		71,6	71,7	80,0	139,6	139,4
5	Proz.	19,8	8,9	10,8	22,2	18,4	20,0	70,5	70,4	77,6	141,8	141,8
6	Proz.	15,2	6,8	8,3	17,1	14,2	15,4	23,1	66,9	67,0	71,1	149,5

Man bemerkt, daß die Raumgewichtswerte (a), wie sie beim Aufbau der Mischungen erhalten werden (vergl. weiter oben), sehr gut mit den aus neu hergestellten Mischungen erhaltenen Werten (Proben) übereinstimmen.

1. Mischung aus den Klassen 6 und 10.

Nach früherem ist die dichteste Mischung aus diesen beiden Klassen wie folgt zusammengesetzt:

Klasse	6 Proz.	10 Proz.	Gewichtsraum		Raumgewicht	
			l. M. ccm	s. M. ccm	l. M. g	s. M. g
Klasse	6	10				
Proz.	75,0	25,0			83,4	119,9

C. Mischung aus acht Klassen.

Herstellung der dichtesten Mischungen aus den Klassen 6, 10, 14, 18, 20, 40, 60 und 100 unter Feststellung der Raumgewichte mittels der langsamem Methode.

2. Mischung aus den Klassen 6, 10 und 14.

	Gewicht g	Volum ccm	100. V G ccm
Dichteste Mischung aus No. 6 und 10 . . .	100	83,4	83,4
Nach dem Zumischen von 5 g No. 14	105	87,2	83,0
10 g do.	110	91,0	82,7
15 g do.	115	93,9	81,7
20 g do.	120	97,5	81,3

Die Mischung besteht jetzt aus:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 6	10	14
g 75	25	20
Proz. 62,5	20,8	16,7
		81,3
		122,9

Bei weiterem Zumischen von Klasse 14 erhielt man die folgenden Zahlen:

	Gewicht g	Volum ccm	100. V G ccm
Mischung von No. 6, 10 und 14	100	81,3	81,3
Nach dem Zumischen von 5 g No. 14	105	85,3	81,2*
10 g do.	110	89,8	81,9

Die dichteste Masse besteht aus:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 6	10	14
g 62,5	20,8	21,7
Proz. 59,5	19,8	20,7
		81,2
		123,1

3. Mischung aus den Klassen 6, 10, 14 und 18.

	Gewicht g	Volum ccm	100. V G ccm
Dichteste Mischung aus Korn 6, 10 und 14 .	100	81,2	81,2
Nach dem Zumischen von 5 g No. 18	105	83,8	79,8
10 g do.	110	87,1	79,2
15 g do.	115	90,4	78,6
20 g do.	120	93,9	78,3
25 g do.	125	97,0	77,6
30 g do.	130	100,6	77,4*
35 g do.	135	104,9	77,7

Resultat:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 6	10	14
g 59,5	19,8	20,7
Proz. 45,8	15,3	15,8
	23,1	23,1
		77,5
Probe		129,0
		77,4

4. Mischung aus den Klassen 6, 10, 14, 18 und 20.

	Gewicht g	Volum ccm	100. V G ccm
Dichteste Mischung aus No. 6, 10, 14 und 18 .	100	77,5	77,5
Nach dem Zumischen von 5 g No. 20	105	80,7	76,9
10 g do.	110	84,0	76,4
15 g do.	115	86,9	75,6
20 g do.	120	90,1	75,1
25 g do.	125	93,6	74,9
30 g do.	130	97,4	75,0*

Resultat:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 6	10	14
g 45,8	15,3	15,8
Proz. 35,2	11,8	12,2
	23,1	23,1
		75,1
Probe		133,2
		75,0

5. Mischung aus den Klassen 6, 10, 14, 18, 20 und 40.

	Gewicht g	Volum ccm	100. V G ccm
Dichteste Mischung aus 6, 10, 14, 18 und 20 .	100	75,1	75,1
Nach dem Zumischen von 5 g No. 40	105	77,3	73,6
10 g do.	110	80,0	72,7
15 g do.	115	82,4	71,7
20 g do.	120	85,2	71,0
25 g do.	125	88,2	70,6
30 g do.	130	91,9	70,6*
35 g do.	135	95,8	71,0

Resultat:

	Gewichts- raum l. M. ccm	Raum- gewicht l. M. g
Klasse 6	10	14
g 35,2	11,8	12,2
Proz. 27,1	9,1	9,4
	13,7	17,8
	23,1	30,0
		70,9
Probe		141,0
		70,6

6. Mischung aus den Klassen 6, 10, 14, 18, 20, 40 und 60.

	Gewicht	Volum	100 V	G	ccm
			G	ccm	ccm
Dichteste Mischung aus No. 6, 10, 14, 18, 20 u. 40 . . .	100	70,6	70,6		
Nach dem Zumischen von 5 g No. 60	105	74,1	70,6		
10 g do.	110	76,1	69,7*		
15 g do.	115	80,2	69,7		
20 g do.	120	84,1	70,1		

Resultat:

Klasse	6	10	14	18	20	40	60	Gewichtsraum	Raumgewicht
								I. M.	I. M.
g	27,1	9,1	9,4	13,7	17,8	28,1	10,0	ccm	g
Proz.	24,6	8,3	8,5	12,5	16,2	21,0	9,1	70,2	142,4
Probe								69,7	

7. Mischung aus den Klassen 6, 10, 14, 18, 20, 40, 60 und 100.

	Gewicht	Volum	100 V	G	ccm
			G	ccm	ccm
Dichteste Mischung aus No. 6, 10, 14, 18, 20, 40 und 60	100	70,2	70,2		
Nach dem Zumischen von 5 g No. 100	105	71,9	68,5		
10 g do.	110	74,2	67,5		
15 g do.	115	77,4	67,3		
20 g do.	120	79,5	66,3		
25 g do.	125	82,4	65,9		
30 g do.	130	85,4	65,7		
35 g do.	135	88,5	65,5*		
40 g do.	140	92,7	66,2		
45 g do.	145	96,4	66,5		

Resultat:

Klasse	6	10	14	18	20	40	60	100	Gewichtsraum	Raumgewicht
									I. M.	I. M.
g	24,6	8,3	8,5	12,5	16,2	21,0	9,1	35,0	ccm	g
Proz.	24,6	8,3	8,5	12,5	16,2	21,0	9,1	35,0	65,6	152,4
Probe								65,5		

Zusammenstellung der Resultate.

Mischung	Klasse	6	10	14	18	20	40	60	100	Gewichtsraum	Raumgewicht				
										I. M.	s. M.				
										ccm	ccm	g	g	g	
1	Proz.	75,0	25,0							83,4	83,3	91,7	119,9	120,0	109,0
2	-	59,5	19,8	20,7						81,2	80,5	87,5	123,1	124,2	114,3
3	-	45,8	15,3	15,8	23,1					77,5	76,8	84,2	129,0	130,2	118,8
4	-	35,2	11,8	12,2	17,8	23,1				75,1	74,9	80,8	133,2	133,5	123,8
5	-	27,1	9,1	9,4	13,7	17,8	23,1			70,9	71,0	76,8	141,0	140,8	130,2
6	-	24,6	8,3	8,5	12,5	16,2	21,0	9,1		70,2	70,6	74,9	142,4	141,6	133,4
7	-	18,2	6,1	6,3	9,2	12,0	15,6	6,8	25,9	65,6	65,5	67,6	152,4	152,7	147,9

Über den Einfluß, den die Korngröße auf die Struktur der Massen und Steine ausübt, und über die Beziehungen, die zwischen der Zusammensetzung der Sande und den

daraus hergestellten Steinen bestehen, werde ich in einer folgenden Abhandlung berichten.