

821

Betreff: Bericht über Versuche zur Trocknung von Luft  
mit anorganischem Silicagel.  
Teil II.

Patent:

Bericht des Herrn Dr. Lohmeyer

vom 7. Januar 1939

Gesehen vom Abteilungsvorstand

Gesehen von der Direktion

Zirkuliert in folgenden  
Abteilungen:

Empfänger	Eingang	Weiter	Unterschrift
Stickstoff-Direktion 2c			
Ammoniak-Labor.			
Herrn Dir. Dr. Müller-Gumbert			
" " Glöth			
" " Lieseberg			
" " Rodler			
" " Hanschke			
" " Stoewener			
" " Lederle			
" Dipl.-Ing. Junge			
" " Altstaedt			
" Dr. Ackermann, Betr. Kontr.			
" " Tagger			

Aufzubewahren im Archiv des  
Eingegangen beim Archivar:  
Laufende Nr. des Archivs

Ludwigshafen am Rhein, den 7. Januar 1939. JÖ

Lo/Op.299

Betreff: Bericht über Versuche zur Trocknung von Luft  
mit engporigem Kieselgel.  
Teil II.

Die im Bericht des Verfassers vom 1. Juni 1938 beschriebenen Versuche über die Trocknung von feuchter Luft mit engporigem Kieselgel wurden inzwischen in der Richtung fortgesetzt, dass die Änderungen der Adsorptionsfähigkeit von engporigem Kieselgel A bestimmt wurden, welche hervorgerufen werden:

- 1) durch wechselnde Wassergehalte der zu trocknenden Luft;
- 2) durch Temperatursteigerungen im Bereiche von  $5^{\circ}$  -  $75^{\circ}$  C der mit wechselnden Wassermengen beladenen Luft.

Es wurde die isotherme Adsorptionsfähigkeit des Kieselgels unter obigen Gesichtspunkten bestimmt. Benutzt wurde dazu die gleiche Apparatur, wie sie in dem oben erwähnten Bericht Teil I vom 1. Juni 1938 beschrieben ist; jedoch wurden die wechselnden Wassergehalte der zu trocknenden Luft durch Mischen von feuchter Luft mit trockener Luft in geeignetem Verhältnis eingestellt. Der Wassergehalt der getrockneten Luft wurde aber bei den jetzigen Versuchen nicht gravimetrisch mittels  $P_2O_5$ -Röhrchen ermittelt, sondern mit dem von Dr. Ackermann in der Betriebskontrolle Oppau entwickelten Feuchtigkeitsbestimmungsapparat.<sup>1)</sup>

- 1) Die Bestimmung der Feuchtigkeit bei diesem Apparat beruht auf der Bildung von Ammoniak bei der Einwirkung von Wasser auf Kalziumnitrid nach der Gleichung:  

$$Ca_3N_2 + 6 H_2O = 3 Ca(OH)_2 + 2 NH_3.$$
Dieses  $NH_3$  wird in Borsäure aufgefangen und die dadurch bewirkte Änderung der elektr. Leitfähigkeit der Borsäure wird gemessen und laufend registriert. Aus einer Eichkurve wird die Wassermenge abgelesen.

Hierbei sei erwähnt, dass der Apparat sich sehr gut bewährte und dass die öfters zur Kontrolle ausgeführten gravimetrischen Wasserbestimmungen stets volle Übereinstimmung der Resultate zeigten.

### Versuchsergebnisse.

Es wurde unter folgenden Versuchsbedingungen gearbeitet:

- 1) Kieselgel A (engporig) 2 - 4 mm Korngrösse,  
Schichthöhe: 50 cm; Rohrdurchmesser: ca. 20 mm;
- 2) Strömungsgeschwindigkeit: 0,20 m/sek.;
- 3) Verweilzeit: 2,5 Sekunden.

Die "Durchbruchbeladung" des Kieselgels wurde dann als gegeben angesehen, wenn der Wassergehalt der getrockneten Luft den Betrag von 0,1 g H<sub>2</sub>O/cbm überschritt.

Da, wie in dem oben erwähnten 1. Teil des Berichts näher ausgeführt ist, die "Durchbruchbeladung" abhängig ist von Strömungsgeschwindigkeit und Schichthöhe, so wurde auch die von diesen beiden Faktoren unabhängige "Gleichgewichtsbeladung" unter den gleichen Verhältnissen bestimmt. Es besteht dadurch bei Fortsetzung der Trocknungsversuche in der Richtung, dass Schichthöhe des Kieselgels und Strömungsgeschwindigkeit der Luft variiert werden, die Wahrscheinlichkeit, dahin zu gelangen, dass die für die Praxis allein wichtige "Durchbruchbeladung" für jede beliebige Strömungsgeschwindigkeit und jede beliebige Schichthöhe aus der Gleichgewichtsbeladung berechnet werden kann.

In der anhängenden Tabelle I sind die gefundenen Werte für die "Durchbruchbeladungen", in der Tabelle II diejenigen der Gleichgewichtsbeladungen angegeben.

Die Werte der Durchbruch- und Gleichgewichtsbeladungen sind in den Skizzen A und B als Kurvenscharen zeichnerisch dargestellt. Aus diesen Kurven wurden durch Extrapolieren die Gleichgewichts- und Durchbruchbeladungen für Wassergehalte von 0 - 25 g H<sub>2</sub>O pro cbm erhalten und diese Werte sind in den Tabellen III und IV.

wiedergegeben und in den Kurven C und D zeichnerisch dargestellt.

### Folgerungen aus den Versuchswerten.

Aus den Versuchen ergibt sich, dass die Gleichgewichtsbeladung von Kieselgel - und damit natürlich auch die "Durchbruchbeladung" - abhängig ist von dem Wassergehalt der zu trocknenden Luft und von der Temperatur, bei welcher die Trocknung erfolgt.

Die Beladung steigt mit höherem Wassergehalt der zu trocknenden Luft und niedriger Temperatur, fällt dagegen mit geringer werdendem Wassergehalt und steigender Temperatur.

Die aus dem Verhältnis Gleichgewichtsbeladung zu Durchbruchbeladung sich errechnende Mindestschichthöhe von Kieselgel (siehe Teil I des Berichts vom 1. Juni 1938) ist bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit (bei den vorliegenden Versuchen 0,20 m/sek. nur von der Temperatur abhängig, dagegen nicht von dem Wassergehalt der zu trocknenden Luft. Die in dem vorerwähnten Bericht angegebenen Mindestschichthöhen gelten somit für Luft jeglichen Feuchtigkeitsgehaltes.

### Der Wassergehalt der getrockneten Luft.

In dem 1. Teil des Berichtes war angegeben worden, dass Kieselgel A feuchte Luft trocknet bis auf einen Wassergehalt von 0,05 - 0,06 g H<sub>2</sub>O/cbm. Durch Benutzung des Ackermannschen Feuchtigkeitsbestimmungsapparates war es möglich, den Wassergehalt des getrockneten Gases genauer zu bestimmen; dabei stellte es sich heraus, dass das engporige Kieselgel A bei steigender Temperatur etwas weniger gut trocknet, und zwar wurde der Wassergehalt der getrockneten Luft ermittelt zu:

0,03 g H <sub>2</sub> O/cbm	bei	15° C
0,05 g "	"	45° C
0,06 g "	"	75° C.

Bestimmungsgenauigkeit der Beladungswerte für  
verschiedene Kieselgel A-Partien.

Zu den vorliegenden Versuchen wurde ein Kieselgel einer anderen Partie verwendet, als bei den Versuchen des vorhergehenden 1. Teiles des Berichts, da von dem zuerst benutzten nichts mehr vorhanden war. Es zeigte sich dabei, dass die Adsorptionskurven nicht ganz gleich ausfallen; jedoch halten sich die Differenzen der bisher verwendeten Kieselgel A-Partien in sehr engen Grenzen. Dadurch erklärte es sich, dass die Werte dieses und des vorhergehenden Berichts nicht absolut genau übereinstimmen, sondern etwas voneinander abweichen. Wie gross diese Abweichungen sind, erhellt aus den beiden gegenübergestellten folgenden Tabellen für die Gleichgewichts- und Durchbruchbeladungen von Kieselgel A für Luft mit einem Wassergehalt von 13,8 g H<sub>2</sub>O/cbm:

früher:

jetzt:

(Tabelle 14 des Berichts  
vom 1. Juni 1938)

Temp. °C	Gleichgew. beladung g H <sub>2</sub> O/100g Gel	Durchbruchbel. g H <sub>2</sub> O/100 g Gel
25	24,0	16,6
35	15,7	10,0
45	9,25	5,52
55	6,2	3,4
65	4,2	2,03
75	2,7	1,10

Temp. °C	Gleichgew. beladung g H <sub>2</sub> O/100 g Gel	Durchbruchbel. g H <sub>2</sub> O/100 g Gel
25	23,4	15,5
35	15,1	9,5
45	9,3	5,5
55	6,25	3,4
65	4,35	2,0
75	2,75	1,10

### Zusammenfassung.

Es wurden die Trocknungsversuche von feuchter Luft mittels engporigem I.G.-Kieselgel A bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit von 0,20 m/sek. fortgesetzt und

- 1) die isothermen Adsorptionskurven bestimmt
  - a) in Abhängigkeit vom Wassergehalt der zu trocknenden Luft;
  - b) in Abhängigkeit von der Temperatur, bei der die Trocknung erfolgt.
- 2) Die Bestimmungen erstreckten sich auf Ermittlung der Gleichgewichtsbeladungen und der Durchbruchbeladungen.
- 3) Die gefundenen Werte wurden kurvenmässig dargestellt:
  - a) für Wassergehalte von 0 - 25 g H<sub>2</sub>O/cbm bei wechselnden Temperaturen;
  - b) für Temperaturen von 5° - 75° C bei wechselnden Wassergehalten der Luft.
- 4) Aus den Versuchen ergab sich, dass die Adsorptionsfähigkeit von Kieselgel A abhängig ist vom Wassergehalt der zu trocknenden Luft und von der Temperatur, bei der die Lufttrocknung erfolgt.
  - a) Sie fällt mit sinkendem Wassergehalt der zu trocknenden Luft und steigender Temperatur.
  - b) Sie steigt mit höherem Wassergehalt und fallender Temperatur.
- 5) Die zur Trocknung von Luft erforderlichen Mindestschichthöhen an Kieselgel sind bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit nur temperaturabhängig, dagegen nicht abhängig vom Wassergehalt der zu trocknenden Luft.
- 6) Die durch Kieselgel A erreichte Trocknung ist ganz gering abhängig von der Temperatur, bei welcher die Trocknung erfolgt. Kieselgel A trocknet bei 15° bis zu 0,03 g H<sub>2</sub>O/cbm

-6-

und bei 75° C bis zu 0,06 g H<sub>2</sub>O/cbm.  
Eine Abhängigkeit des Trocknungsgrades vom Wassergehalt  
der zu trocknenden Luft ist nicht vorhanden.

W. H. Schmeyer

Anlagen.

T a b e l l e I.

Durchbruchbeladung von Kieselgel A 2 - 4 mm Körnung  
 Schichthöhe: 50 cm; Strömungsgeschwindigkeit: 0,20 m/sek.  
 Verweilzeit: 2,5 Sek.

Wassergehalt der zu trocknenden Luft in g H <sub>2</sub> O/obm	Durchbruchbeladung in g H <sub>2</sub> O/100 g Kieselgel							
	5° C	15° C	25° C	35° C <sup>b e i</sup>	45° C	55° C	65° C	75° C
0,29	3,2	2,40	1,29	0,83	0,50	0,25	-	-
1,65	9,3	6,45	4,28	2,40	1,45	0,95	0,65	0,35
5,30	22,5	14,8	8,80	5,10	3,25	2,30	1,45	0,70
6,8	25,0	-	-	-	-	-	-	-
10,50		21,2	13,3	8,0	4,80	3,10	1,80	0,95
12,80		23,1 <sup>+</sup> )	-	-	-	-	-	-
13,80		(24,0) über- sättigt	15,5	9,5	5,50	3,40	2,00	1,10
16,42			17,0	10,3	6,0	3,80	2,10	1,12
20,01			18,3	11,0	6,4	3,90	2,20	1,18
23,0			19,32 <sup>+</sup> )	-	-	-	-	-
25,28			-	11,5	6,8	4,16	2,29	1,20
39,5			-	11,9	6,8	4,16	2,29	1,20

+ ) ~ 100% rel. Feuchtigkeit

T a b e l l e II.

Gleichgewichtsbeladung von Kieselgel A 2 - 4 mm Körnung

Wassergehalt der zu trocknenden Luft in g H <sub>2</sub> O/cbm	Gleichgewichtsbeladung in g H <sub>2</sub> O/100 g Kieselgel b e i :							
	5° C	15° C	25° C	35° C	45° C	55° C	65° C	75° C
0,29	3,9	3,47	2,0	1,21	0,80	0,45	-	-
1,65	14,3	9,2	6,5	3,83	2,50	1,76	1,39	0,90
5,30	29,5	20,32	13,7	8,3	5,70	4,25	3,15	1,85
6,80	34,2 <sup>+) )</sup>	-	-	-	-	-	-	-
10,50		28,9	20,3	13,0	8,0	5,73	3,75	2,45
12,80		31,5 <sup>+) )</sup>	-	-	-	-	-	-
13,80		-	23,4	15,10	9,3	6,25	4,35	2,75
16,42		-	25,0	16,2	10,1	6,78	4,40	2,90
20,01		-	26,9	17,15	10,75	7,22	4,68	2,95
23,0		-	28,5 <sup>+) )</sup>	-	-	-	-	-
25,28		-	-	18,2	11,53	7,70	4,87	3,10
39,5	-	-	-	21,9	12,5	7,7	4,9	3,2

+) ~ 100% rel. Feuchtigkeit

T a b e l l e III.

Durchbruchbeladungen für 50 cm Schichthöhe und 0,20 m/sek. Strömungsgeschwindigkeit für Wassergehalte von 0 - 25 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft und für Temperaturen von 5° - 75° C

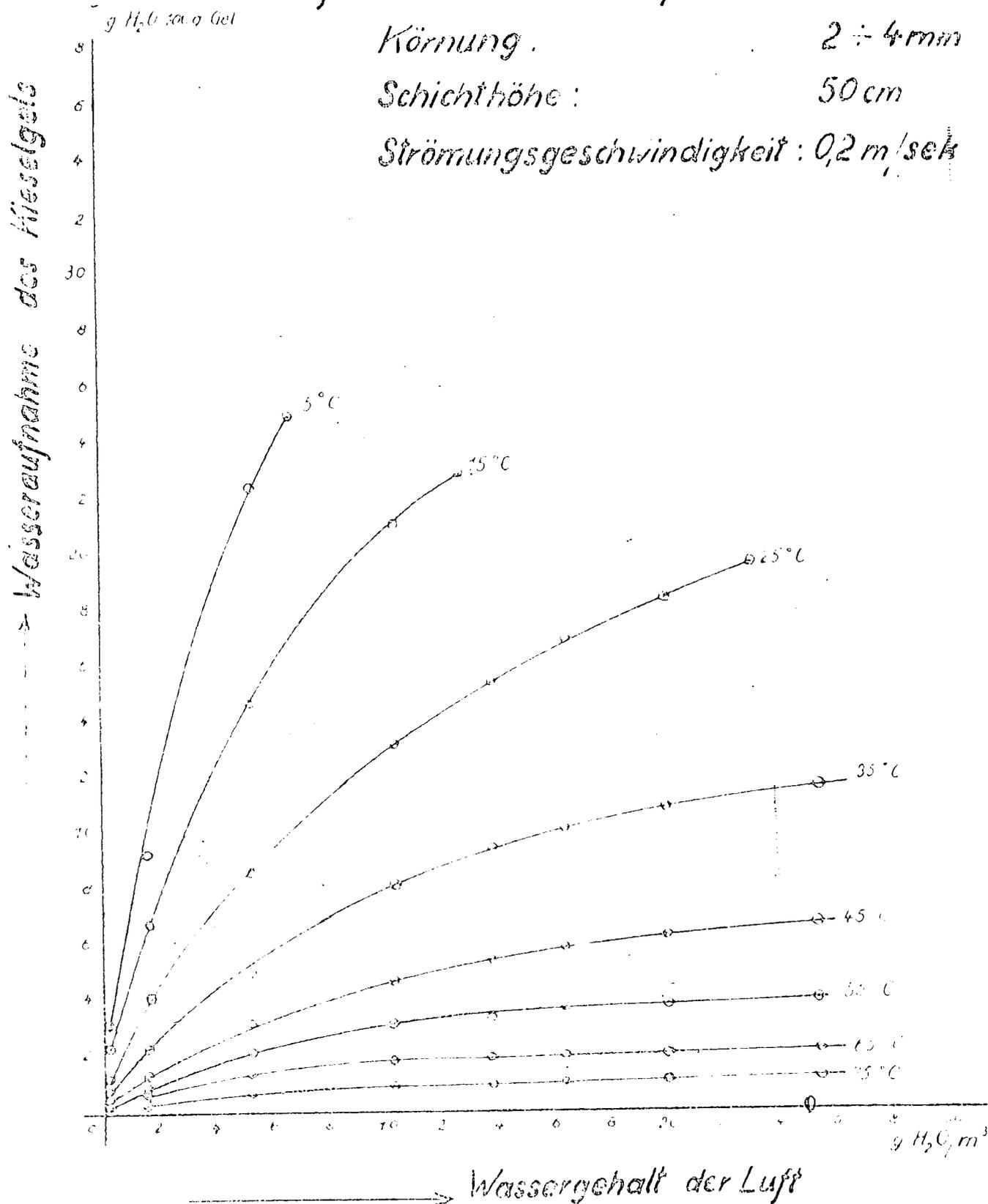
Wassergeh. der Luft H <sub>2</sub> O/cbm	5° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	15° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	25° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	35° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	45° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	55° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	65° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	75° C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel
0,5	4,1	5,0	2,0	1,1	0,7	0,4	0,2	0,1
1,0	6,5	4,8	3,3	1,7	1,05	0,7	0,45	0,2
1,5	8,8	6,5	4,2	2,25	1,4	0,95	0,6	0,3
2,0	11,3	7,7	5,0	2,75	1,75	1,15	0,75	0,4
2,5	13,5	8,9	5,7	3,2	2,05	1,35	0,9	0,45
3,0	15,6	10,1	6,4	3,6	2,30	1,55	1,0	0,5
4,0	18,8	12,3	7,5	4,4	2,75	1,9	1,25	0,6
5,0	21,7	14,3	8,5	5,1	3,2	2,2	1,4	0,7
6,0	23,8	16,0	9,5	5,75	3,55	2,45	1,5	0,75
7,0	25,0	17,5	10,4	6,35	3,85	2,7	1,6	0,8
8,0	für 6,8 g H <sub>2</sub> O = 100% rel. Feuchtigk. bei 5° C	18,8	11,25	6,90	4,15	2,85	1,7	0,85
9,0		19,8	12,1	7,45	4,45	3,0	1,75	0,9
10,0		20,8	12,9	8,00	4,70	3,15	1,8	0,95
11,0		21,7	13,7	8,5	4,95	3,30	1,85	0,98
12,0		22,5	14,4	8,95	5,15	3,4	1,9	1,03
13,0		23,2 g	15,1	9,3	5,35	3,5	1,9	1,07
14,0		12,8 g	15,7	9,6	5,55	3,55	1,95	1,1
15,0		H <sub>2</sub> O = 100% rel. Feucht. b. 15° C	16,3	9,9	5,75	3,65	2,0	1,13
16,0			16,75	10,2	5,9	3,75	2,05	1,15
17,0			17,25	10,4	6,1	3,80	2,1	1,18
18,0			17,75	10,65	6,2	3,85	2,13	1,2
19,0			18,15	10,9	6,3	3,90	2,17	1,2
20,0			18,6	11,1	6,4	3,95	2,2	1,2
21,0			19,0	11,3	6,5	4,0	2,23	1,2
22,0			19,35	11,40	6,6	4,03	2,27	1,2
23,0			19,65	11,5	6,7	4,07	2,3	1,21
24,0			=100% rel. Feuchtigk. bei 25° C	11,65	6,75	4,10	2,3	1,22
25,0				11,9	6,8	4,15	2,32	1,23

Tabelle IV.

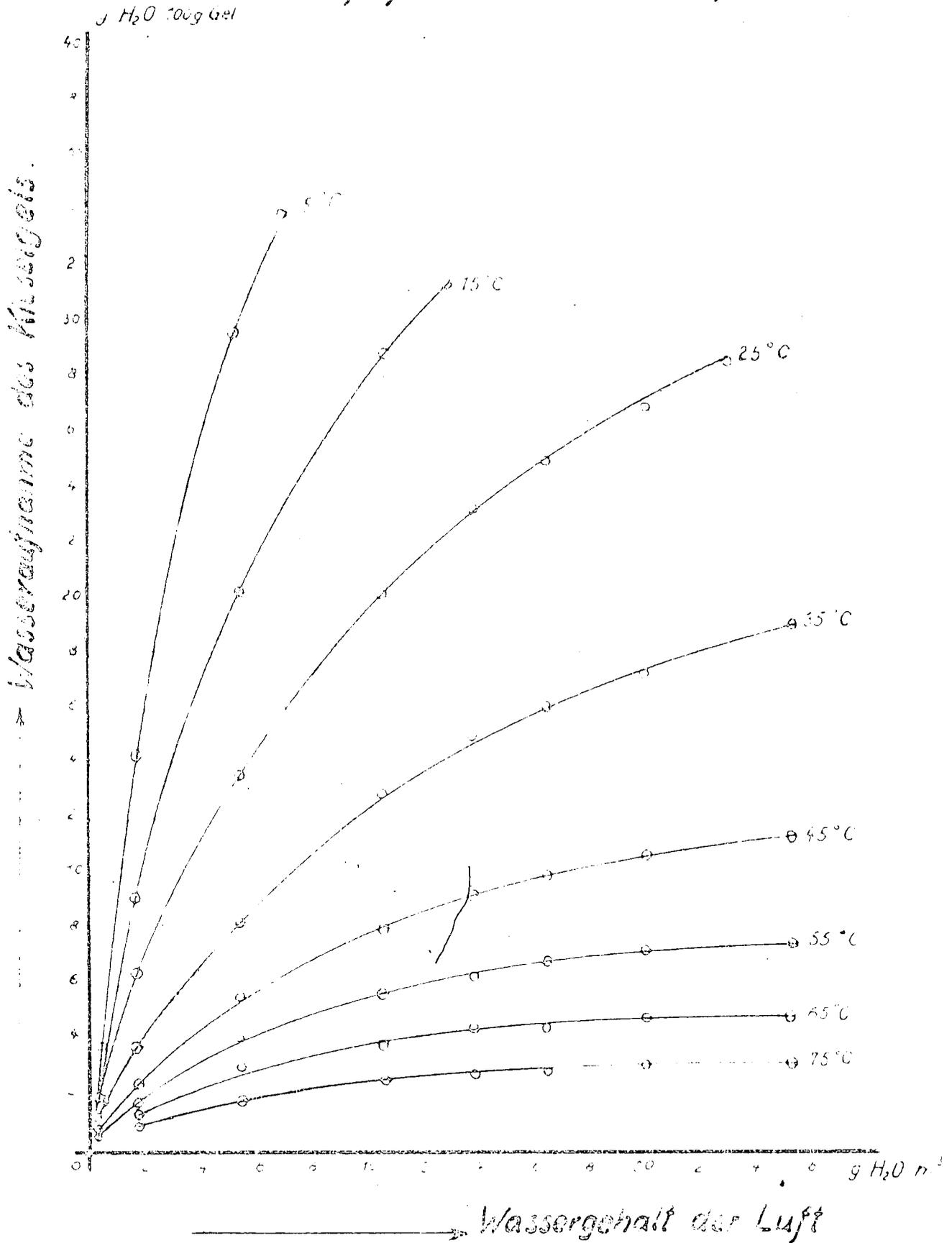
Gleichgewichtsbeladungen von Kieselgel A für Wassergehalte von 0 - 25 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft und für Temperaturen von 5°-75°C

Wassergeh. er Luft H <sub>2</sub> O/cbm	50 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	150 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	250 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	350 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	450 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	550 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	650 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel	750 C g H <sub>2</sub> O/ 100 g Gel
0,5	5,9	4,0	2,75	1,8	1,2	0,8		
1,0	10,4	7,25	5,0	2,8	1,7	1,3		
1,5	13,9	9,0	6,5	3,7	2,3	1,7		
2,0	16,5	11,0	7,6	4,3	2,8	2,0	1,55	1,05
2,5	19,3	11,5	8,7	5,0	3,3	2,4	1,8	1,2
3,0	21,6	14,5	9,7	5,7	3,7	2,8	2,0	1,3
4,0	25,2	17,4	11,5	6,8	4,5	3,3	2,3	1,5
5,0	28,4	19,8	13,2	7,9	5,3	3,8	2,7	1,7
6,0	31,8	21,9	14,8	9,0	5,9	4,3	3,0	1,9
7,0	34,2 für 6,8 g H <sub>2</sub> O/cbm = 100% rel. Feuchtigk. bei 50 C	23,7	16,2	10,0	6,5	4,7	3,3	2,1
8,0		25,4	17,5	10,9	7,1	5,1	3,5	2,25
9,0		26,9	18,7	11,8	7,5	5,4	3,7	2,4
10,0		28,3	19,8	12,7	8,0	5,7	3,9	2,5
11,0		29,6	20,9	13,4	8,4	5,9	4,1	2,6
12,0		30,7	21,9	13,9	8,7	6,2	4,3	2,7
13,0		31,5 für 12,8 g H <sub>2</sub> O/cbm = 100% rel. Feuchtigk. bei 150 C	22,8	14,5	9,1	6,4	4,4	2,75
14,0			23,5	15,1	9,4	6,6	4,5	2,8
15,0			24,3	15,6	9,7	6,8	4,6	2,9
16,0			25,0	16,1	9,9	6,9	4,65	2,9
17,0			25,7	16,5	10,2	7,0	4,7	3,0
18,0			26,3	16,9	10,4	7,1	4,75	3,0
19,0			26,9	17,3	10,6	7,2	4,8	3,0
20,0			27,4	17,6	10,8	7,3	4,9	
21,0			27,9	17,9	10,9	7,35	4,9	3,1
22,0			28,4	18,3	11,1	7,4	4,9	3,1
23,0			28,9	18,5	11,2	7,45	4,9	3,1
24,0			100% rel. Feucht. bei 250 C	18,7	11,3	7,5	4,9	3,1
25,0				19,0	11,4	7,5	4,9	3,1

Durchbruchbeladung für Kieselgel A  
in Abhängigkeit vom Wassergehalt der Luft  
für verschiedene Temperaturen.



Gleichgewichtsbeladung für Kieselgel A  
in Abhängigkeit vom Wassergehalt der  
Luft für verschiedene Temperaturen.

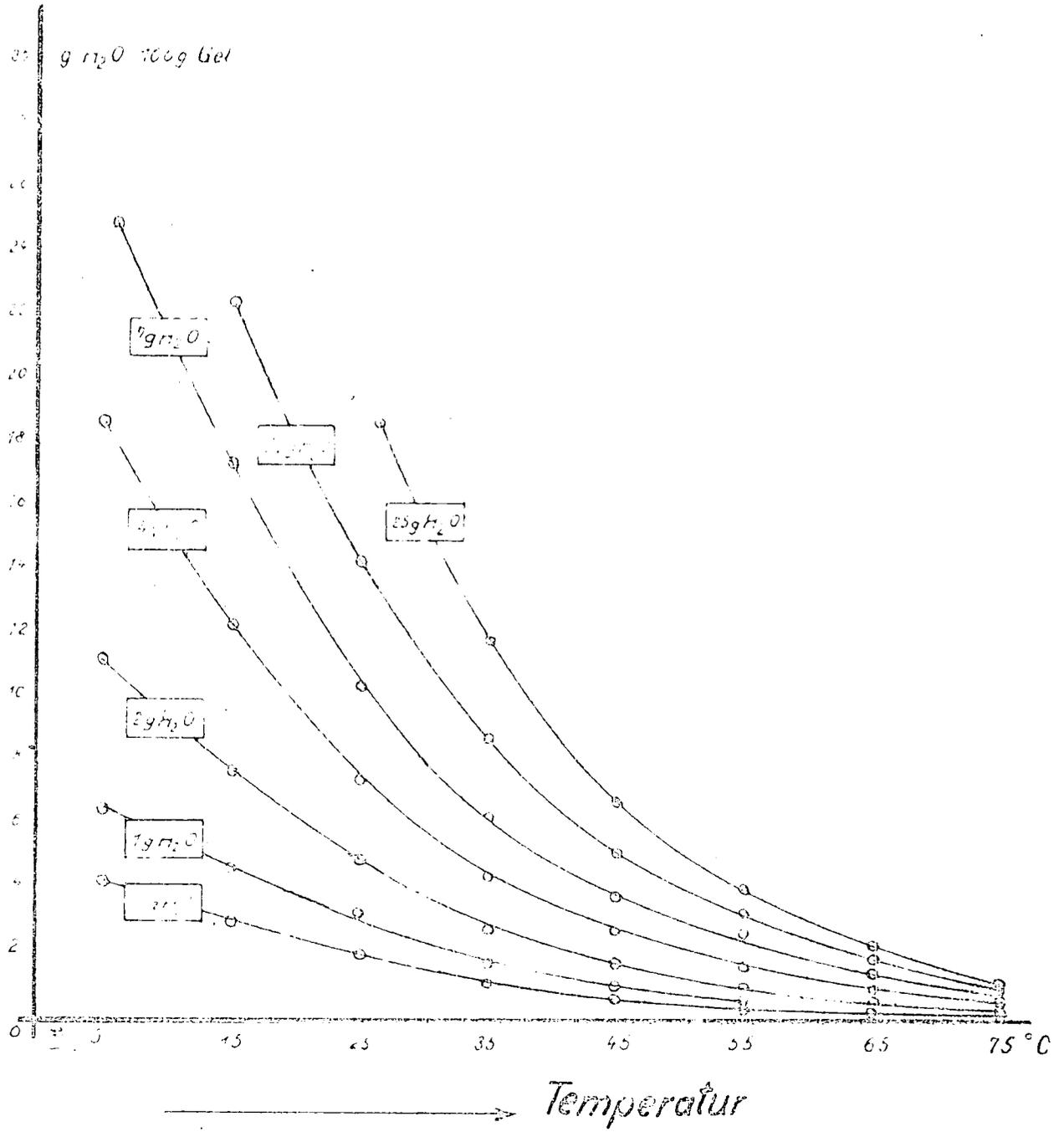


Skizze B

Durchbruchbelastung für Kieselgel A  
in Abhängigkeit von der Temperatur  
für verschiedene Wassergehalte der Luft.

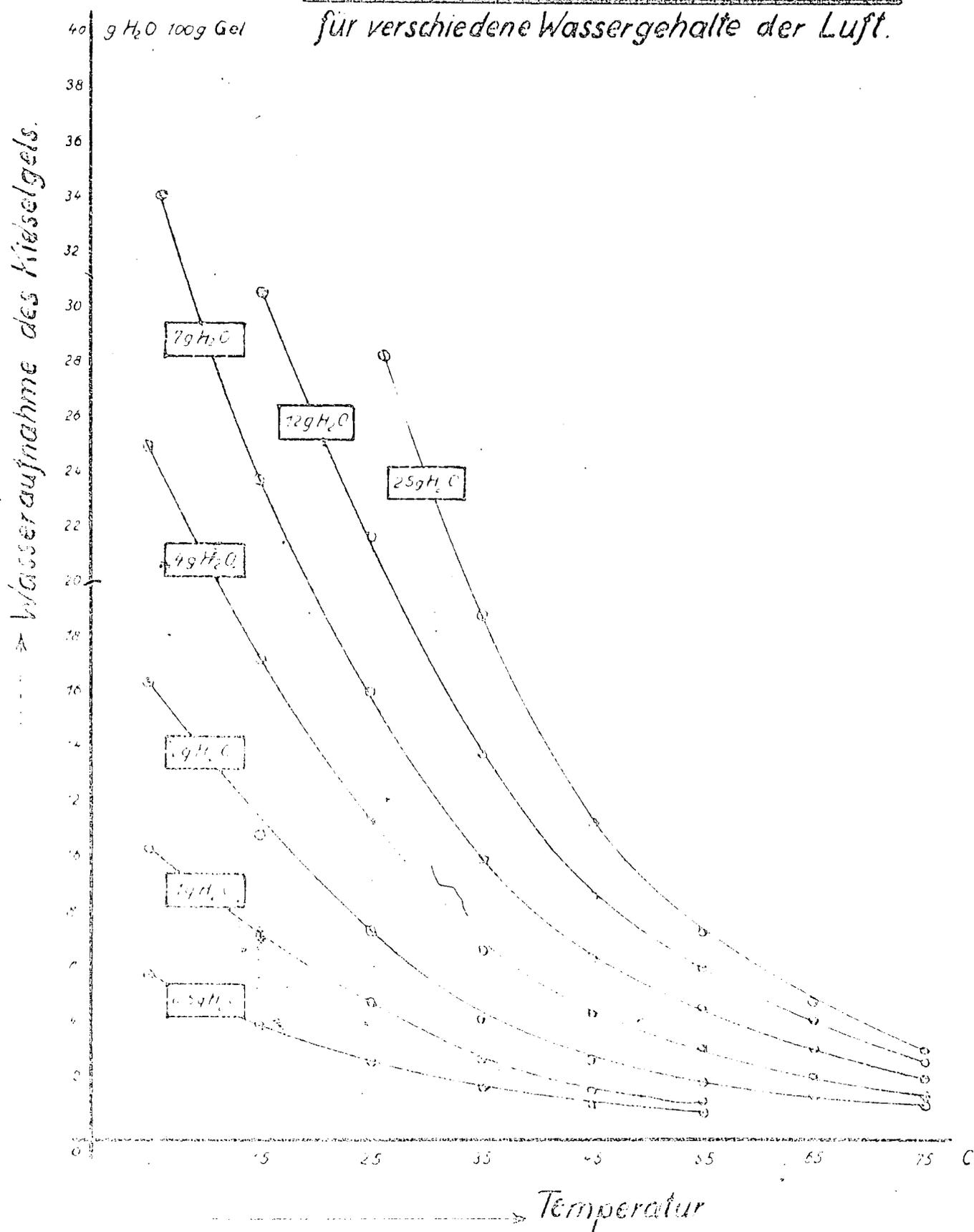
Körnung : 2 ÷ 4 mm  
Schichthöhe: 50 cm  
Strömungsgeschwindigkeit: 0,2 m/sek

Wasseraufnahme des Kieselgels



Skizze C

Gleichgewichtsbeladung für Kieselgel A  
in Abhängigkeit von der Temperatur  
 für verschiedene Wassergehalte der Luft.



Skizze D