

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

Klasse **8249**

Teil III.

Abteilung

Patent:

Bericht des Herr n Dr. Lohmeyer  
vom 15. Juli 19 39.

Gesehen vom Abteilungsvorstand:

Gesehen von der Direktion:

Zirkuliert in folgenden  
Abteilungen:

Empfänger	Eingang	Weiter	Unterschrift
Stickstoff-Direktion			
Herrn Dir. Dr. Müller-Cunradi			
" Dr. Gloth			
" Dr. Lieseberg			
" Dr. Hodler			
" Dr. Taeger			
" Dr. Ziese			
" Dr. Stoewener			
" Dr. Lederle			
" Ob. Ing. Lampe, Lu			
" Dipl. Ing. Altstaedt, Op. 19			
Ammoniaklaboratorium			

Oppau, den 15. Juli 1939. c.

B e r i c h tüber Versuche zur Trocknung von Luft mit engporigem  
Kieselgel.Teil III.  
=====

Die in Teil I und II der Berichte des Verfassers vom 1. Juni 1938 und 7. Januar 1939 beschriebenen Versuche über die Trocknung von feuchter Luft mit engporigem IG-Kieselgel A wurden fortgesetzt und zum Abschluß gebracht. Es wurden noch die Änderungen der Durchbruchbeladungen von Kieselgel A bei isothermer Adsorption bestimmt:

- 1) in Abhängigkeit von der Schichthöhe ,
- 2) in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit.

Außerdem wurde in halbtechnischen Versuchen mit 10 - 30 kg Kieselgel, die bei der praktischen Anwendung von Kieselgel sich einstellenden Verhältnisse erforscht (adiabatische Adsorption). Zu diesem Zwecke wurden bei adiabatischer Adsorption bestimmt:

- 1) die Durchbruchbeladungen bei verschiedenen Schichthöhen,
- 2) die Durchbruchbeladungen bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten,
- 3) die Temperaturverhältnisse im Kieselgel und in der getrockneten Luft in Abhängigkeit vom Wassergehalt der feuchten Luft.

Zum Schluß wurden noch die Temperaturverhältnisse im Kieselgel bei der Regenerierung mit heisser Luft erforscht.

Versuchsergebnisse.  
-----1.) Einfluss der Schichthöhe.

Es wurde bei den folgenden Versuchen über die isotherme Adsorption unter den gleichen Versuchsbedingungen gearbeitet, wie sie auf Seite 1 und 2 des II. Teiles des Berichtes angegeben sind.

Es wurden für Luft mit 13,8 g H<sub>2</sub>O/cbm bei 0,2 m/sek Strömungsgeschwindigkeit folgende Werte der Tabelle I für die Durchbruchbeladungen erhalten :

Tabelle I.

Temperatur °C	Durchbruchbeladung bei :		
	0,50 m Schicht- höhe g H <sub>2</sub> O/100g Gel	0,75 m Schicht- höhe g H <sub>2</sub> O/100g Gel	1,00 m Schicht- höhe g H <sub>2</sub> O/100 g Gel
15° +)	24,0	26,8	28,2
25°	15,5	18,5	19,7
35°	9,5	11,6	12,2
45°	5,50	6,7	7,4
55°	3,40	4,3	4,7
65°	2,00	2,8	3,2

+) Luft ist übersättigt bei 15° C .

Aus den vorstehenden Versuchsergebnissen ergibt sich, daß, wenn man gemäß den Ausführungen aus Teil I dieses Berichtes (Seite 23), die "Mindestschichthöhen" errechnet, praktisch die gleichen Zahlenwerte erhält, wie sie dort angegeben sind. Das bedeutet also, daß man die Durchbruchbeladung für jede beliebige Schichthöhe aus der Gleichgewichtsbeladung und der Mindestschichthöhe berechnen kann; und zwar ist die :

$$\text{Durchbruchbeladung } D = \frac{\text{Gleichgewichtsbeladung } G \cdot (\text{Schichthöhe } S - \text{Mindestschichthöhe } M)}{\text{Schichthöhe } S}$$

$$D = \frac{G (S - M)}{S}$$

## 2.) Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit.

Der Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf die Höhe der Durchbruchbeladung wurde durch Versuche mit folgenden Strömungsgeschwindigkeiten ermittelt :

- a) 0,2 m/sek Strömungsgeschwindigkeit
- b) 0,4 m/sek "
- c) 0,6 m/sek "

Es wurden folgende Resultate der Tabelle 2 erhalten (Schichthöhe = 1,00 m; Feuchtigkeitsgehalt der Luft = 13,8 g H<sub>2</sub>O/cbm) :

Tabelle II.

Temperatur °C	Durchbruchbeladung bei :		
	0,2 m/sek Strömungs- geschwindigkeit g H <sub>2</sub> O/100 g Gel	0,4 m/sek Strömungs- geschwindigkeit g H <sub>2</sub> O/100 g Gel	0,6 m/sek Strömungs- geschwindigkeit g H <sub>2</sub> O/100 g Gel
15°C +)	28,2	27,8	27,2
25°C	19,7	19,85	19,35
35°C	12,2	12,6	12,2
45°C	7,4	7,15	6,95
55°C	4,7	4,67	4,45
65°C	3,2	3,0	2,85

+ ) Luft ist bei 15°C übersättigt.

Aus diesen Versuchsergebnissen errechnen sich für die verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten folgende Mindestschichthöhen der Tabelle 3 (errechnet aus Durchbruchbeladung und Gleichgewichtsbeladung nach Teil I, Seite 21 und 23) .

Tabelle III.

Temperatur °C	Mindestschichthöhen in cm bei:		
	0,2 m/sek	0,4 m/sek	0,6 m/sek
15°C +)	13,3	15,0	16,8
25°C	15,5	17,3	19,5
35°C	17,8	19,8	22,3
45°C	20,2	22,6	25,0
55°C	22,7	25,5	28,4
65°C	25,0	28,9	32,5

+ ) Luft ist bei 15°C übersättigt.

Die Zahlenwerte der Tabelle 3 sind in der Skizze E zeichnerisch dargestellt.

An dieser Stelle sei noch bemerkt, daß viele Versuche ergeben haben, daß sowohl Mindestschichthöhen wie Durchbruchbeladung unabhängig von der Korngröße sind, wenn diese über 1 mm liegen.

Es gelten also die in diesem Berichte mit der Kieselgelkörnung 2-4 mm vorgenommenen Bestimmungen auch für alle anderen Körnungen. Naturgemäß muß <sup>man</sup> dann stets in Gewichtsprozenten (g H<sub>2</sub>O/100 g Gel) rechnen. Desgleichen ergaben viele Trocknungsversuche mit anderen Gasen (Wassergas, Wasserstoff, CO, Äthylen usw., aber nicht NH<sub>3</sub>), daß <sup>für</sup> diese Gase praktisch die gleichen Trocknungsergebnisse und die gleichen Beladungshöhen des Kieselgels erzielt werden.

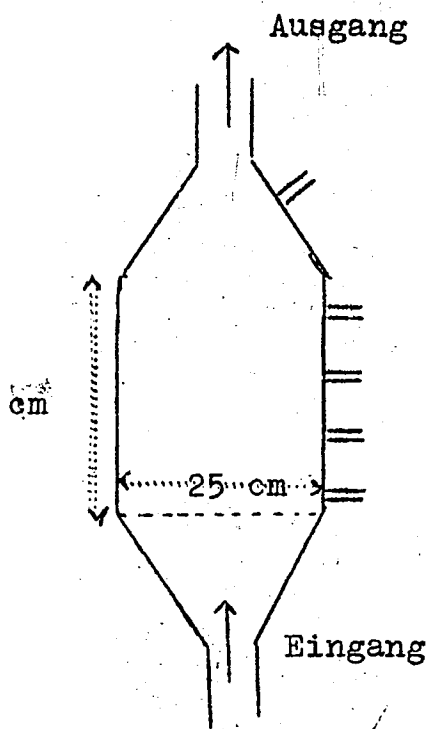
Als Abschluß der Bestimmungen über die isotherme Adsorption an engporigem IG-Kieselgel A, die ergeben haben, daß aus der Gleichgewichtsbeladung und den Mindestschichthöhen, die Durchbruchbeladungen für jede Schichthöhe, für jeden Wassergehalt der feuchten Luft und für jede Strömungsgeschwindigkeit zu berechnen ist, wurden noch die Wassergehalte der Kieselgelrohrfüllung in Schichten von je 5 cm von unten nach oben für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten, bei Erreichung der Durchbruchbeladung bestimmt. Es wurde dadurch Klarheit über die genaue Wasserverteilung im Kieselgel erhalten. Die Ergebnisse sind aus den Kurven der Skizze G zu ersehen. Diese Kurven zeigen, daß die "Mindestschichthöhe" keine scharf begrenzte ist, sondern nur ein für die Praxis brauchbares, rechnerisches Hilfsmittel. Die Kurven zeigen aber auch zum anderen, daß Kieselgel in der Weise feuchte Luft trocknet, daß es den Wasserdampfdruck allmählich herabsetzt und daß zum Herabsetzen des Dampfdruckes auf fast Null die "Mindestschichthöhe" erforderlich ist, wie es Dr. Lederle <sup>+</sup>) in seinem Berichte ausführlich beschreibt.

#### Die adiabatische Adsorption.

In der Praxis handelt es sich bei Trocknungsanlagen fast stets um adiabatische Adsorption. Um nun für die Konstruktion von Kieselgeltrocknungsanlagen Berechnungsunterlagen zu haben, wurden halbtechnische Adsorptionsversuche mit 10 - 30 kg Kieselgel durchgeführt. Als Adsorber wurde ein rundes Blechgefäß mit Siebboden von folgender Form benutzt :

---

+ ) Dr. Lederle, Kieselgeltrocknungsanlage  
für Kohlenoxyd Op. 65.  
Bericht vom 19. März 1938.



Die Abmessungen waren :

30 cm hoch ; 25 cm  $\varnothing$  .

Es faßte ca. 10 kg Kieselgel A bei 30 cm Schichthöhe. Seitlich waren 6 Stützen angebracht um mittels Quecksilberthermometer die Temperatur der feuchten und der getrockneten Luft und diejenige des Kieselgels in verschiedenen Schichthöhen messen zu können. Bei den genannten Adsorberabmessungen mußten bei einer Strömungsgeschwindigkeit von:

- a) 0,2 m/sek - - - 36 cbm Luft/Stunde
- b) 0,4 " - - - 72 " "
- c) 0,6 " - - - 108 " "

durch das Adsorptionsgefäß hindurchgeleitet werden . .

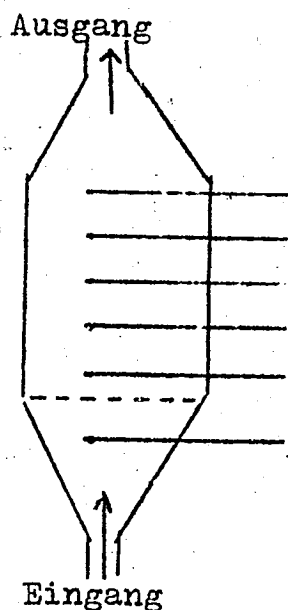
Da es aus technischen Gründen nicht möglich war, einen genauen Wassergehalt der feuchten Luft einzustellen, so wurden für die Durchbruchbeladungen des Kieselgels Resultate erhalten, die von 3,0 g H<sub>2</sub>O/100 g Gel bis 15,0 g H<sub>2</sub>O/100 g Gel schwankten und kurvenmässig nicht darstellbar waren. Das galt sowohl für die Versuchsergebnisse, die bei verschiedenen Schichthöhen des Gels als auch für diejenigen, die bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten der Luft erhalten wurden. Denn bei jedem Versuch war der Wassergehalt der feuchten Luft ein anderer, und es gelang nicht, ihn konstant und reproduzierbar zu halten. Die gefundenen Werte der Durchbruchbeladung werden daher erst weiter unten mitgeteilt, nachdem es gelungen war einen gewissen Zusammenhang der Durchbruchbeladung von der Temperaturerhöhung des Kieselgels bei der Adsorption zu finden.

Die Temperaturverhältnisse bei der adiabatischen Adsorption.

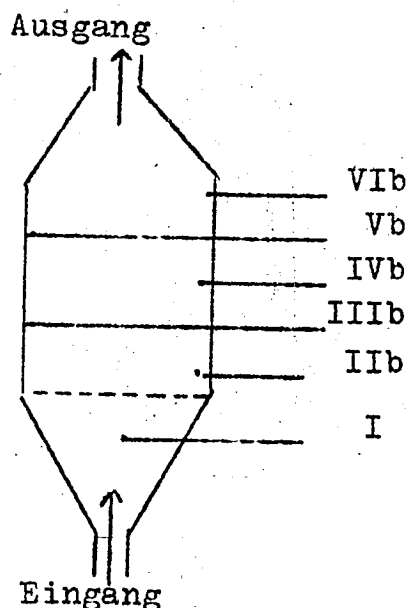
Bei der Adsorption von Wasserdampf an Kieselgel, wird Wärme frei, die sich aus der Kondensationswärme des Wasserdampfes und der Benetzungswärme des Kieselgels zusammensetzt. Die Kondensationswärme ist bekannt (586 cal für Wasserdampf von 20°C); während die Höhe der Benetzungswärme noch unbekannt ist. Man kennt zwar die Gesamtbenetzungswärme von Kieselgel ( = 23,5 Kcal/1 kg Gel; Bestimmung von Dr. Schlüter, Analyt.Lab.Oppau); aber wie hoch die Benetzungswärme ist, wenn z.B. 100 g Kieselgel mitsteigender Menge Wasser von 1 g H<sub>2</sub>O bis 30 g H<sub>2</sub>O benetzt wird, ist noch unbekannt.

Die bei der Adsorption freiwerdende Wärme erwärmt die Apparatur, das Kieselgel und die getrocknete Luft und wird zum größten Teil durch die getrocknete Luft abgeführt. Ein geringer Teil wird vom Adsorber abgestrahlt oder geht durch Leitung verloren. Die Temperaturmessungen im Kieselgel während der Adsorption ergaben, daß die Temperaturen in derselben Schichthöhe nahe der Außenwand des nicht isolierten Adsorptionsgefäßes und im Innern gleich waren. Es waren die Temperaturen der in der Skizze mit gleichen Zahlen bezeichneten Meßstellen gleich, also die Temperatur der Meßstelle:

IIa	gleich derjenigen der Meßstelle	IIb
IIIa	"	IIIb
IVa	"	IVb
Va	"	Vb
VIa	"	VIb



VIa  
Va  
IVa  
IIIa  
IIa  
I



VIb  
Vb  
IVb  
IIIb  
IIb  
I

Die Meßstellen selbst lagen in folgender Höhe

Meßstelle I	=	Temperatur der feuchten Eingangsluft	
" II	=	1 cm vom Siebboden	} bei 30 cm Schichthöhe des Kieselgels.
" III	=	7,5 cm "	
" IV	=	15 cm "	
" V	=	22,5 cm "	
" VI	=	30 cm "	

Meßstelle VI zeigt gleichzeitig die Temperatur der getrockneten Ausgangsluft an.

Der Verlauf der Temperaturen wurde von Minute zu Minute abgelesen. Sie sind in der Skizze H<sub>1</sub> für Luft mit einem Wassergehalt von 16,8 g H<sub>2</sub>O/cbm bei 20°C kurvenmässig dargestellt (Temp.-Erhöhung = 36,2°C) und in der Skizze

H<sub>2</sub> für Luft mit einem Wassergehalt von 14 g H<sub>2</sub>O/cbm bei 20°C (Temp. Erhöhung = 30°C) dargestellt.

Aus diesen Skizzen und aus einer großen Anzahl weiterer, hier nicht aufgeführten Bestimmungen geht hervor, daß je 1 g H<sub>2</sub>O/cbm Luft eine Temperaturerhöhung der getrockneten Luft um ca. 2,15°C hervorruft, unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit. Theoretisch ergäbe die Kondensationswärme des Wasserdampfes eine etwas geringere Temperaturerhöhung (ca. 1,9°C); die Differenz von 0,25°C ist durch die auftretende Benetzungswärme des Kieselgels bedingt :

In der Skizze H<sub>2</sub> sind die Temperaturkurven so weit fortgeführt bis die Temperatur der Ausgangsluft gleich derjenigen der Eingangsluft war. Es ist damit die Gleichgewichtsbeladung des Kieselgels entsprechend der Temperatur und dem Wassergehalt der Eingangsluft erreicht und die feuchte Luft passiert darnach das Adsorptionsgefäß ungetrocknet. In der Skizze H<sub>2</sub> ist bei dem Schnittpunkt a der Senkrechten D mit der Abszisse der Punkt erreicht, bei welchem der "Durchbruch" erfolgt. Der Abstand dieser Senkrechte D von der Ordinate wird naturgemäß mit größerer Schichthöhe des Kieselgels größer. Bei einer Schichthöhe des Kieselgels von 60 cm liegt - wie durch zahlreiche Trocknungsversuche nachgewiesen - die Senkrechte D in einem solchen Abstand von der Ordinate, daß die mittlere Temperaturerhöhung des Kieselgels in diesem Zeitpunkt des Durchbruches gleich 0,54 x der Temperaturerhöhung der getrockneten Luft gegenüber der feuchten Luft ist. Dieser Faktor 0,54 wurde in der Weise ermittelt, daß aus den beim "Durchbruch" bestimmten Kieselgeltemperaturen in verschiedenen gleichweit voneinander entfernten Zonen, das Mittel gezogen wurde. Dieses Mittel stellt die "mittlere Kieselgeltemperatur"



dar. Mittlere Kieselgeltemperatur dividiert durch die höchste erreichte Temperatur der getrockneten Luft ergibt obigen Faktor 0,54 für 60 cm Schichthöhe. Der Faktor wurde noch für andere Schichthöhen bestimmt. Es ergab sich dabei für :

30 cm Schichthöhe	der Faktor	:	0,23
40 " " " "		:	0,46
50 " " " "		:	0,54
60 " " " "		:	0,54
70 " " " "		:	0,52
80 " " " "		:	0,50
90 " " " "		:	0,45

Diese Faktoren wurden in der Skizze F graphisch wiedergegeben. Wenn man nun die aus dem Feuchtigkeitsgehalt der zu trocknenden Luft berechenbare Temperaturerhöhung mit diesen Faktoren multipliziert und den erhaltenen Betrag zu der Temperatur der Eingangsluft hinzuzählt, so erhält man damit die mittlere Temperatur des Kieselgels zur Zeit des "Durchbruches" für die betreffende Schichthöhe. Die adiabatische Durchbruchbeladung ist aber in diesem Augenblick praktisch gleich der isothermen Durchbruchbeladung bei dieser "mittleren Kieselgeltemperatur" wie das durch alle Trocknungsversuche immer wieder bestätigt wurde. Damit ist aber die Möglichkeit gegeben unter Benutzung dieser Faktoren und der berechenbaren Temperaturerhöhung der getrockneten Luft, die Durchbruchbeladungen für adiabatische Adsorption für jeden Wassergehalt der zu trocknenden Luft, für jede Schichthöhe des Kieselgels und für jede Strömungsgeschwindigkeit zu berechnen.

Um diese Berechnungen zu erleichtern, wurde die Tabelle IV des Teiles II dieses Berichtes, der die Gleichgewichtsbeladungen enthält vervollständigt, sodaß aus der als Anlage beigefügten Tabelle 4 dieses III. Berichtsteiles, die Gleichgewichtsbeladungen von Kieselgel A für Wassergehalt der Luft von 1 g bis 35 g H<sub>2</sub>O/cbm und für jede Temperatur zwischen 5°C und 55°C zu entnehmen sind.

Die Berechnung der Durchbruchbeladung für adiabatische Adsorption sei nun an einem Beispiel erläutert.

Es soll Luft von 25°C und einem Wassergehalt von 20 g H<sub>2</sub>O/cbm getrocknet werden. Die Strömungsgeschwindigkeit soll 0,6 m/sek betragen und die Schichthöhe des Kieselgels soll 60 cm sein.

Wie hoch ist die Durchbruchbeladung ?

20 g H<sub>2</sub>O/cbm ergeben eine Temperaturerhöhung von  $20 \cdot 2,15 = 43^{\circ}\text{C}$   
 Bei 60 cm Schichthöhe beträgt der Faktor (aus Kurve F entnommen)  
 0,54. Die mittlere Kieselgeltemperaturerhöhung beträgt also:

$$43 \cdot 0,54 = 23,2^{\circ}$$

Die Temperatur der feuchten Luft ist  $25^{\circ}\text{C}$ , also ist die mittlere  
 Kieselgeltemperatur

$$25 + 23,2 = 48,2^{\circ}\text{C}$$

Aus der Tabelle 4 der Gleichgewichtsbeladungen ist zu entnehmen,  
 daß die Gleichgewichtsbeladung bei  $48,2^{\circ}\text{C}$  für Luft mit einem Was-  
 sergehalt von

20 g H<sub>2</sub>O/cbm ..... 9,5 g H<sub>2</sub>O/100 g Gel beträgt.

Bei  $48,2^{\circ}\text{C}$  und 0,6 m/sek Strömungsgeschwindigkeit beträgt laut  
 Kurve der Skizze die Mindestschichthöhe 26,8 cm.

Die adiabatische Durchbruchbeladung ist dann

Durchbruchbeladung D =

$$= \frac{\text{Gleichgewichtsbeladung G (Schichthöhe S - Mindestschichthöhe M)}}{\text{Schichthöhe S}}$$

$$D = \frac{G(S - M)}{S} = \frac{9,5 (60 - 26,8)}{60} = \frac{9,5 \cdot 33,2}{60}$$

$$= 5,26 \text{ g H}_2\text{O}/100 \text{ g Gel.}$$

Auf vorstehende Art wurden die adiabatischen Durchbruchbeladungen  
 der auf Seite 7 angeführten Trocknungsversuche berechnet und den  
 Versuchsergebnissen in folgender Tabelle 5 gegenübergestellt.

Tabelle 5.

Strömungsgeschwindigkeit = ca. 0,5 m/sek Schichthöhe 30 cm.

Wassergehalt er Luft H <sub>2</sub> O/cbm	Luft temp. °C	Temp. Steigerung °C	Durchbruchbeladung		Temp. Erh. 1 g H <sub>2</sub> O
			gefunden g H <sub>2</sub> O/100 g Gel	berechnet g H <sub>2</sub> O/100 g Gel	
11,5	20	25	8,28	7,9	2,17
7,0	19	15	7,37	7,3	2,14
9,6	16,5	21	8,91	9,2	2,18
9,9	16	21	9,25	9,6	2,12
10,8	11	23	12,85	13,2	2,13
9,6	10	20	13,85	13,45	2,08
15,8	20	34	6,65	7,1	2,12

Strömungsgeschwindigkeit: ca. 0,6 m/sek Schichthöhe 60 cm.

21,5	24	46	4,85	5,2	2,14
24	27	53	4,0	3,95	2,21
28	29	61	3,6	3,7	2,18
30,2	30	63	2,4	2,25	2,21

Die gute Übereinstimmung der errechneten Zahlen mit denen der Versuche beweist, daß in der oben beschriebenen Rechnungsart ein Weg gefunden ist, die adiabatischen Durchbruchbeladungen mit größter Annäherung zu berechnen. Damit ist der Hauptzweck der gesamten Trocknungsversuche erreicht, nämlich: Schichthöhe und Menge des für Neuanlagen benötigten Kieselgels und seine Durchbruchbeladung berechnen zu können.

Aus den adiabatischen Trocknungsversuchen geht hervor, daß die Durchbruchbeladung des Kieselgels bei höheren Wassergehalten der zu trocknenden Luft, infolge der stärkeren Erwärmung des Kieselgels sehr kleine Werte annimmt.

Würde man bei  $31^{\circ}\text{C}$  mit Wasser gesättigte Luft ( $32,1 \text{ g H}_2\text{O/cbm}$ ) mit Kieselgel trocknen, so würde die getrocknete Luft eine Temperatur von  $101^{\circ}\text{C}$  erreichen. Bei dieser Temperatur ist die Beladung des Gels praktisch gleich Null. Nur die unteren Partien des Gels würden, da sie von der nachströmenden Luft gekühlt werden, etwas Wasser aufnehmen.

Eine Trocknung von Gasen die  $32 \text{ g H}_2\text{O/cbm}$  enthalten ist nur möglich, wenn das Kieselgel gekühlt wird, oder wenn die Gase unter Druck getrocknet werden. Denn die Temperaturerhöhung der Luft ist unter Druck geringer, da die spez. Wärme der Gase mit erhöhtem Druck in der Weise zunehmen, daß die spez. Wärme für die Gewichtseinheit ungefähr die gleichen bleiben.

Ein Versuch ergab, daß bei  $20^{\circ}\text{C}$  gesättigte Luft ( $19,1 \text{ g H}_2\text{O/cbm}$ ) bei der Trocknung durch Kieselgel von  $1 \text{ m}$  Schichthöhe bei ca.  $0,2 \text{ m/sek}$  Strömungsgeschwindigkeit, bei normalem Druck ( $760 \text{ mm}$ ) eine Durchbruchbeladung von:

$7,6 \text{ g H}_2\text{O}/100 \text{ g Gel}$  erhalten wurde (theoretisch:  $7,3 \text{ kg H}_2\text{O/cbm}$ )?  
Caragen bei einem Druck von  $2 \text{ atm}$  (abs.):

$14,0 \text{ g H}_2\text{O}/100 \text{ g Gel}$  (theoretisch:  $14,25 \text{ g H}_2\text{O/cbm}$ ) .

Als Abschluß der Versuche über adiabatische Trocknung mittels Kieselgels seien noch kurz einige Ergebnisse über die Temperaturverhältnisse im Adsorptionsgefäß angegeben, die bei der Regenerierung des Kieselgels mit erwärmter Luft auftreten.

Die Meßstellen im Adsorptionsgefäß waren die gleichen wie sie in der Skizze, Seite 6, angegeben sind. Die Regenerierung erfolgte jedoch von oben nach unten (umgekehrt wie die Beladung) mit er -

wärmer Luft. Es wurden dabei Kurven erhalten, wie sie in der Skizze J für 165°C Eingangs-Temperatur erhalten wurden. Die eigenartigen Formen der Temperaturkurven im Gel und in der Ausgangsluft wurden stets erhalten und das allmähliche Ansteigen war stets das gleiche. Die Höhe der Temperatur der Ausgangsluft in dem flachen Hauptteil der Kurven wechselt mit der Höhe der Eingangstemperatur und mit der in der Zeiteinheit durchgeblasenen Luftmenge.

Bei langsamem Durchblasen ist sie niedrig;  
 bei schnellem " " " höher .

Beim Umbiegen dieses flachen Teiles der Kurve nach oben (schnelles Steigen der Temperatur der Ausgangsluft) ist die Regenerierung des Gels praktisch beendet.

Es konnte lange keine Erklärung für diese eigenartige Form der Temperaturkurven des Ausgangsgases gefunden werden. Schon Dr. Lederle hat diese eigenartige Form der Temperaturkurve in seinem oben erwähnten Bericht, Seite 8 u. 9 näher beschrieben. Erst dadurch, daß zufällig bemerkt wurde, daß diese Kurve eine auffällige Ähnlichkeit mit einer Kurve der Gleichgewichtsbeladung des Kieselgels bei 100 %iger relativer Feuchtigkeit der zu trocknenden Luft in Abhängigkeit von der Temperatur dieser Luft hatte, wurde Klarheit über den Temperaturverlauf in der Ausgangsluft bei der Regenerierung erhalten. Es wurde daher in der Tabelle 6 die Gleichgewichtsbeladung umgerechnet für die relativen Feuchtigkeitsgehalte der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur und in der Skizze K kurvenförmig dargestellt.

Aus den Temperaturkurven bei der Regenerierung folgt, daß die Regenerierung folgendermassen vor sich geht. Die warme Luft gibt anfänglich einen Teil ihrer Wärme ab zur Erwärmung des wasserhaltigen Gels und kühlt sich selber dabei ab; die restliche Wärmemenge wird zum Verdampfen des Wassers gebraucht. Es kann aber nicht mehr Wasser verdampfen als bis die Luft bei der betreffenden Temperatur gesättigt ist; und das Gel kann nicht mehr Wasser abgeben als von ihm bei der betreffenden Temperatur über die Gleichgewichtsbeladung hinaus festgehalten wird. Diese Abgabe von überschüssigem Wasser dauert solange an, bis die Gleichgewichtsbeladung des Gels bei der be-

treffenden Temperatur erreicht ist; erst darnach kann das Gel allmählich höher erwärmt werden unter Abgabe der entsprechenden Wassermengen. Nachdem alles Wasser abgegeben worden ist, steigt die Temperaturkurve steil an und dann kann auch die Ausgangsluft eine höhere Temperatur erreichen. Die Temperatur der aus dem Adsorber austretende Regenerierluft muß aber stets so verlaufen, daß sie derjenigen der Temperaturkurve für die Gleichgewichtsbeladung entspricht. Theoretisch müßten also die Gleichgewichtsbeladungskurven und die Temperaturkurven bei der Regenerierung gleich sein, sie sind es jedoch nicht, da Abstrahlungsverluste bei der Regenerierung eintreten und weil bei der Regenerierung die "Benetzungswärme des Gases" wieder ersetzt werden muß.

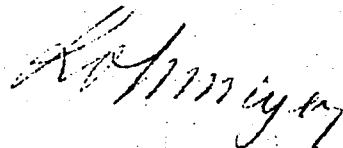
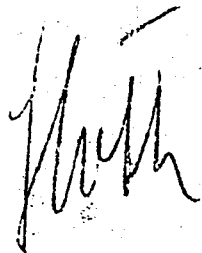
Man erhält, wenn man die Gleichgewichtsbeladungskurve für 100 % rel. Feuchtigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur aufzeichnet, und in entsprechender Weise die Temperaturkurve in Abhängigkeit von der Zeit - wie es in Skizze L geschehen ist, eine Art Hysteresisschleife und die Regenerierung ist dann am günstigsten, wenn diese Schleife möglichst klein ist. Und das ist dann der Fall, wenn die Regenerierungstemperatur wenig über dem Siedepunkt des Wassers liegt und die Luftgeschwindigkeit so schnell ist, daß die Ausgangsluft zu 100 % gesättigt ist. Da aber noch die "Benetzungswärme des Gases" ersetzt werden muß und auch Abstrahlungsverluste eintreten, ist nach unseren Versuchen für die Regenerierung eine Lufttemperatur von 125°-165°C die günstigste. Die Luftmenge muß aber so groß sein, daß sie die unvermeidlichen Abstrahlungsverluste des Adsorbers deckt und ihn mit mindestens 100°C am Ende der Regenerierung verlässt. Das anfängliche Sinken der Temperaturkurve der Ausgangsregenerierungsluft ist damit zu erklären, daß anfänglich die Regenerierungsluft nicht vollständig gesättigt ist und aus den unteren Kieselgelschichten Wasser aufnimmt und die dazu benötigte Verdampfungswärme dem Kieselgel entzieht.

Zusammenfassung .

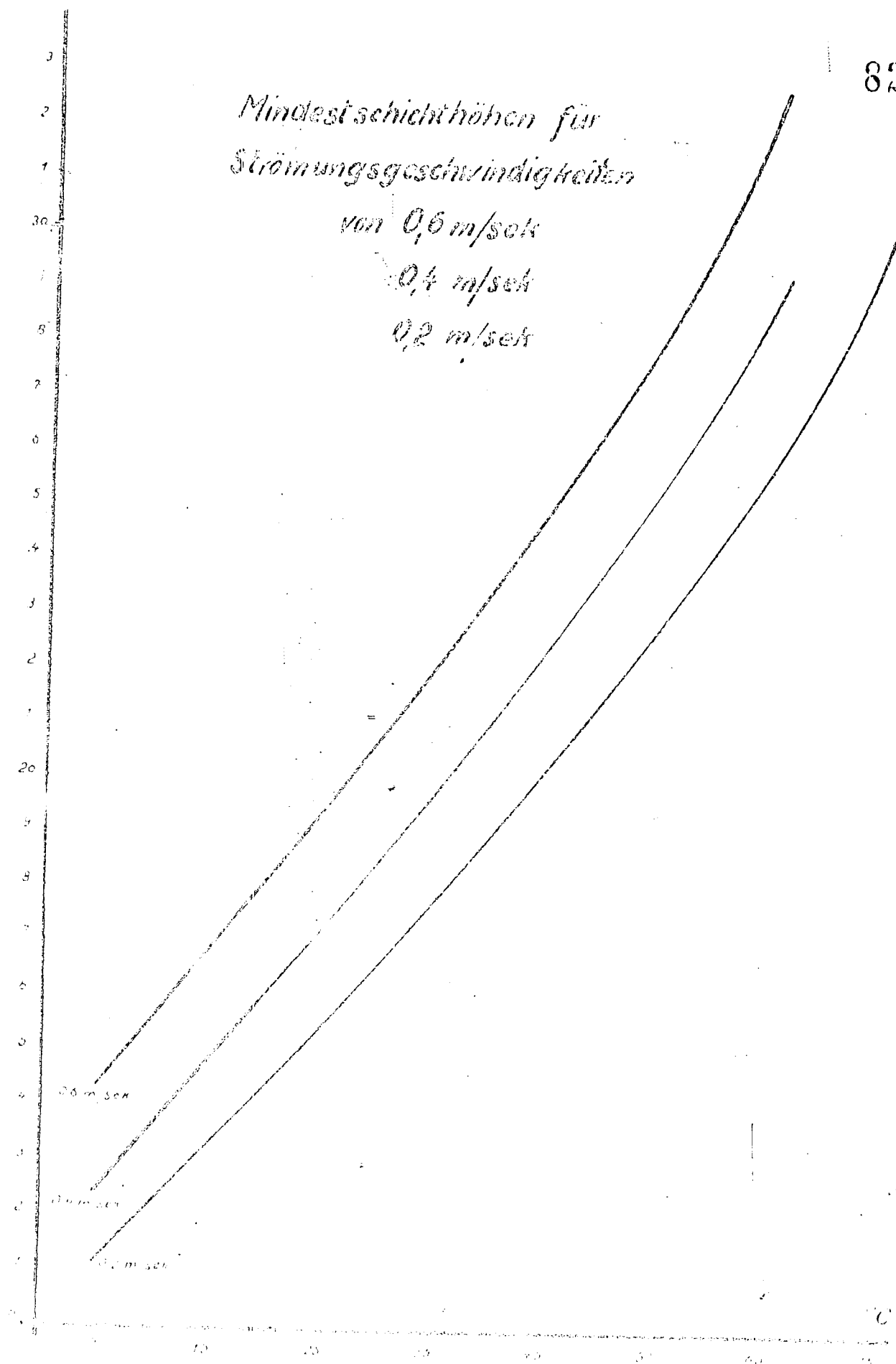
=====

- Es wurden die Trocknungsversuche von feuchter Luft mit engporigem IG-Kieselgel A fortgesetzt und zum Abschluss gebracht.
- 1.) Es wurden für isotherme Adsorption die Durchbruchbeladungen von Kieselgel
    - a) in Abhängigkeit von der Schichthöhe,
    - b) in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit bestimmt.
  - 2.) Es wurden kurvenmässig die für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten erforderlichen "Mindestschichthöhen" dargestellt und aufgezeigt, wie mit Hilfe dieser "Mindestschichthöhen" und der Gesamtschichthöhe des Kieselgels die isotherme Durchbruchbeladung aus der Gleichgewichtsbeladung zu berechnen ist.
  - 3.) Es wurden halbtechnische Trocknungsversuche mit adiabatischer Adsorption gemacht und aus den Ergebnissen Folgerungen gezogen, die es ermöglichen, aus der Gleichgewichtsbeladung und der Mindestschichthöhe unter Benutzung der bei adiabatischer Adsorption auftretenden und berechenbaren Temperatursteigerung alle für die Konstruktion von Kieselgeltrocknungsanlagen benötigten Daten zu errechnen. Die Berechnungsart wird angegeben und erläutert.
  - 4.) Es wurden die Temperaturverhältnisse bei der Regenerierung erforscht und die gefundenen Temperaturkurven gedeutet. Die günstigsten Regenerierungstemperaturen sind  $125^{\circ} - 165^{\circ}\text{C}$ .

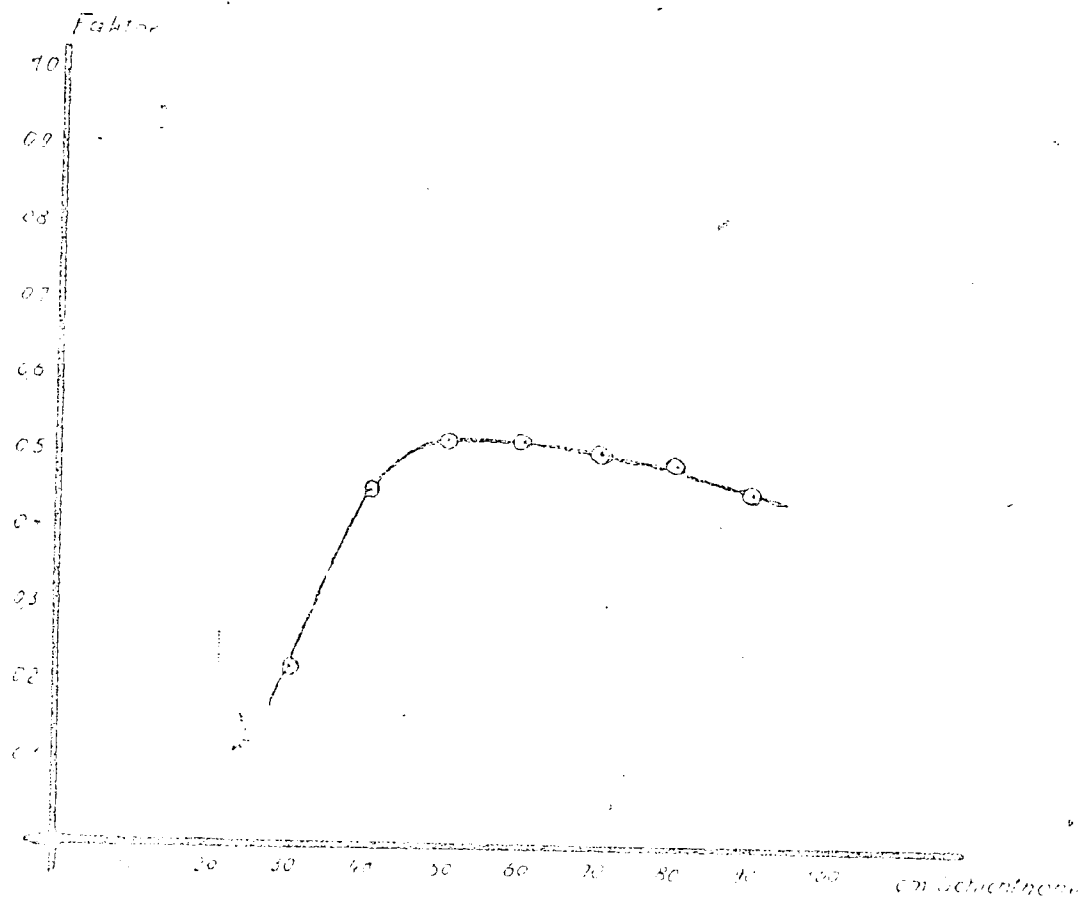
agen.



Mindestschichthöhen für  
Strömungsgeschwindigkeiten  
von 0,6 m/sek  
0,4 m/sek  
0,2 m/sek

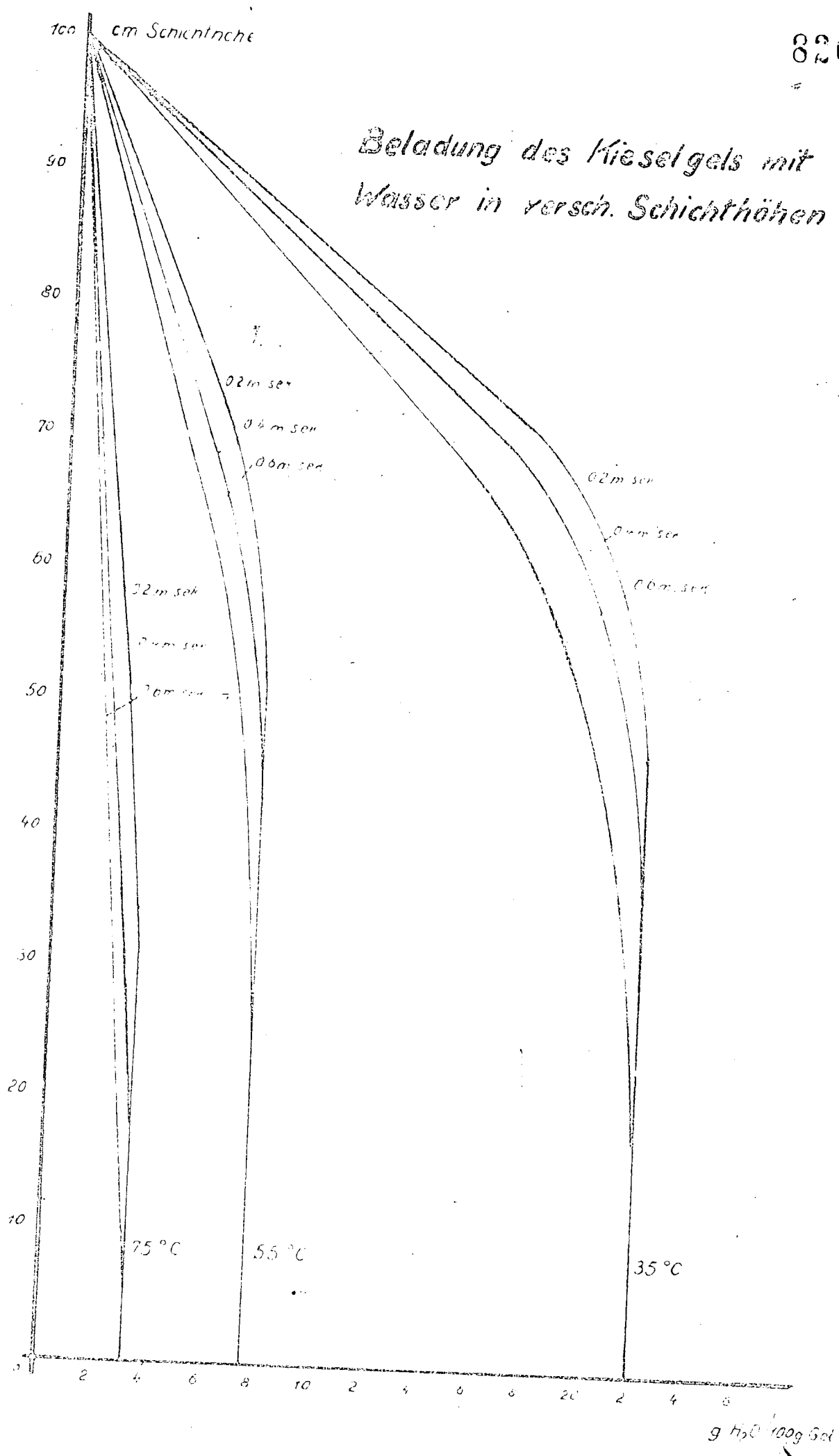


Kurve d. Faktoren f. verschiedene Schichthöhen,  
mit denen die °C d. Temperaturerhöhungen  
multipliziert werden müssen um die mittlere  
Geltemperatur zu erhalten.



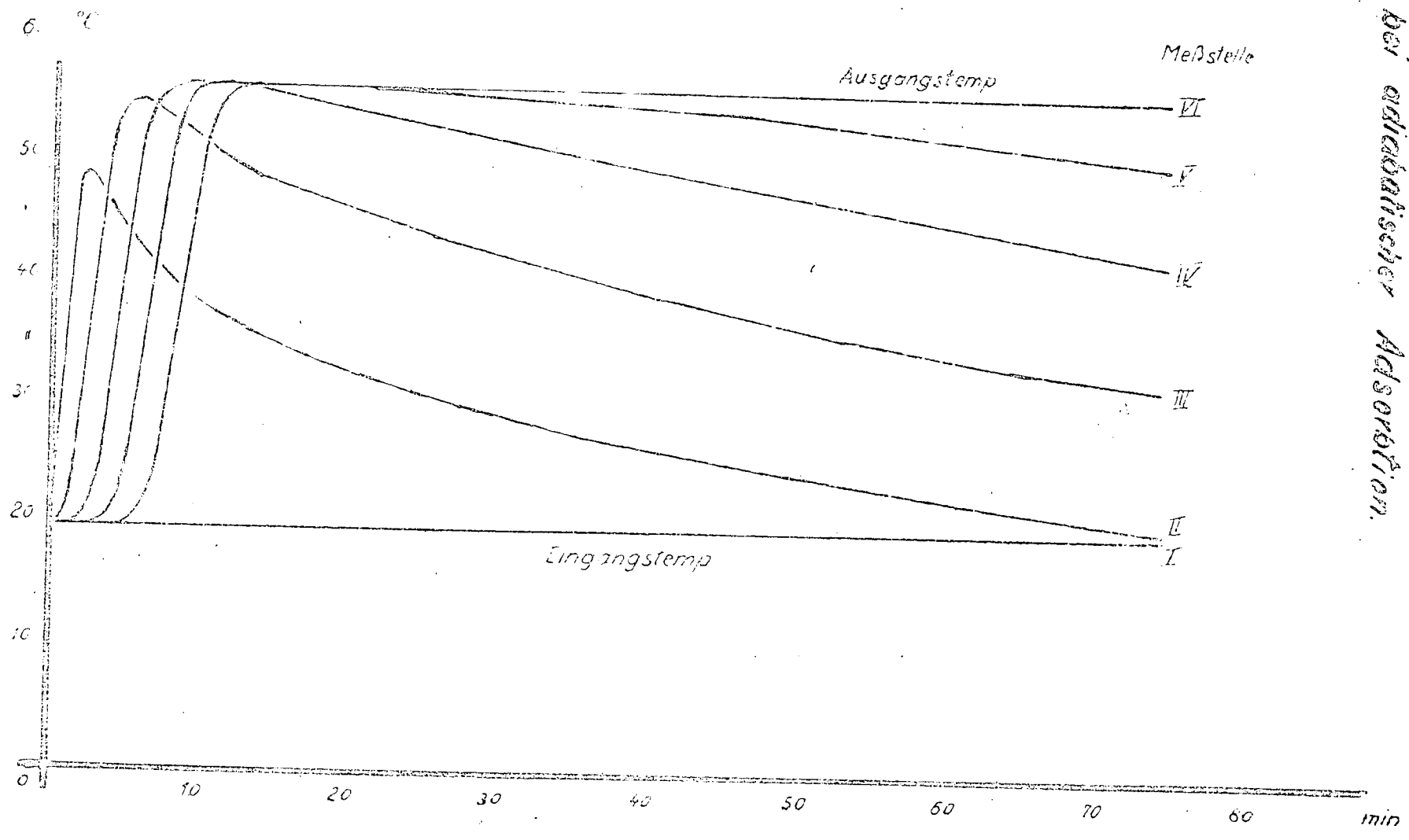
Skizze f





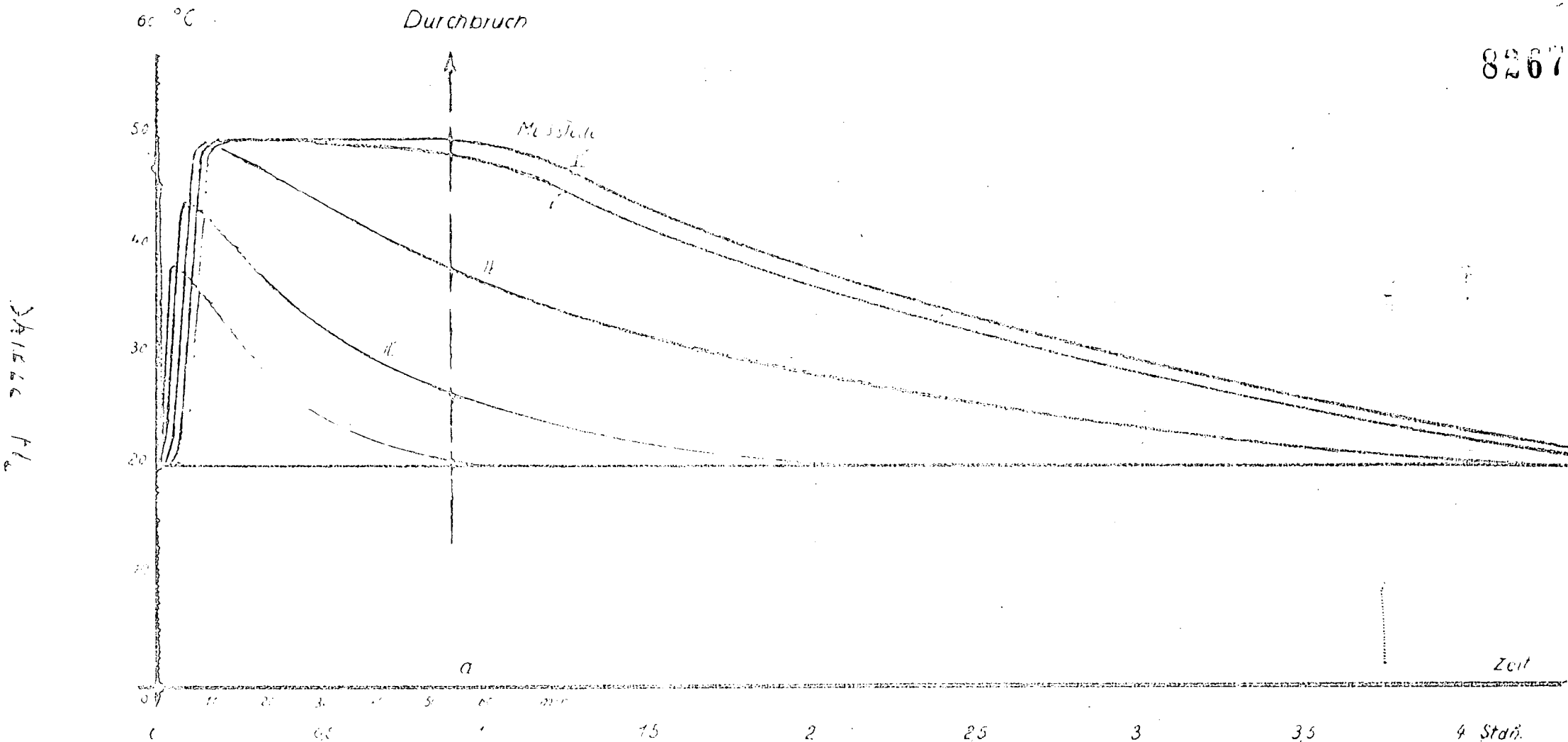
Skizze G

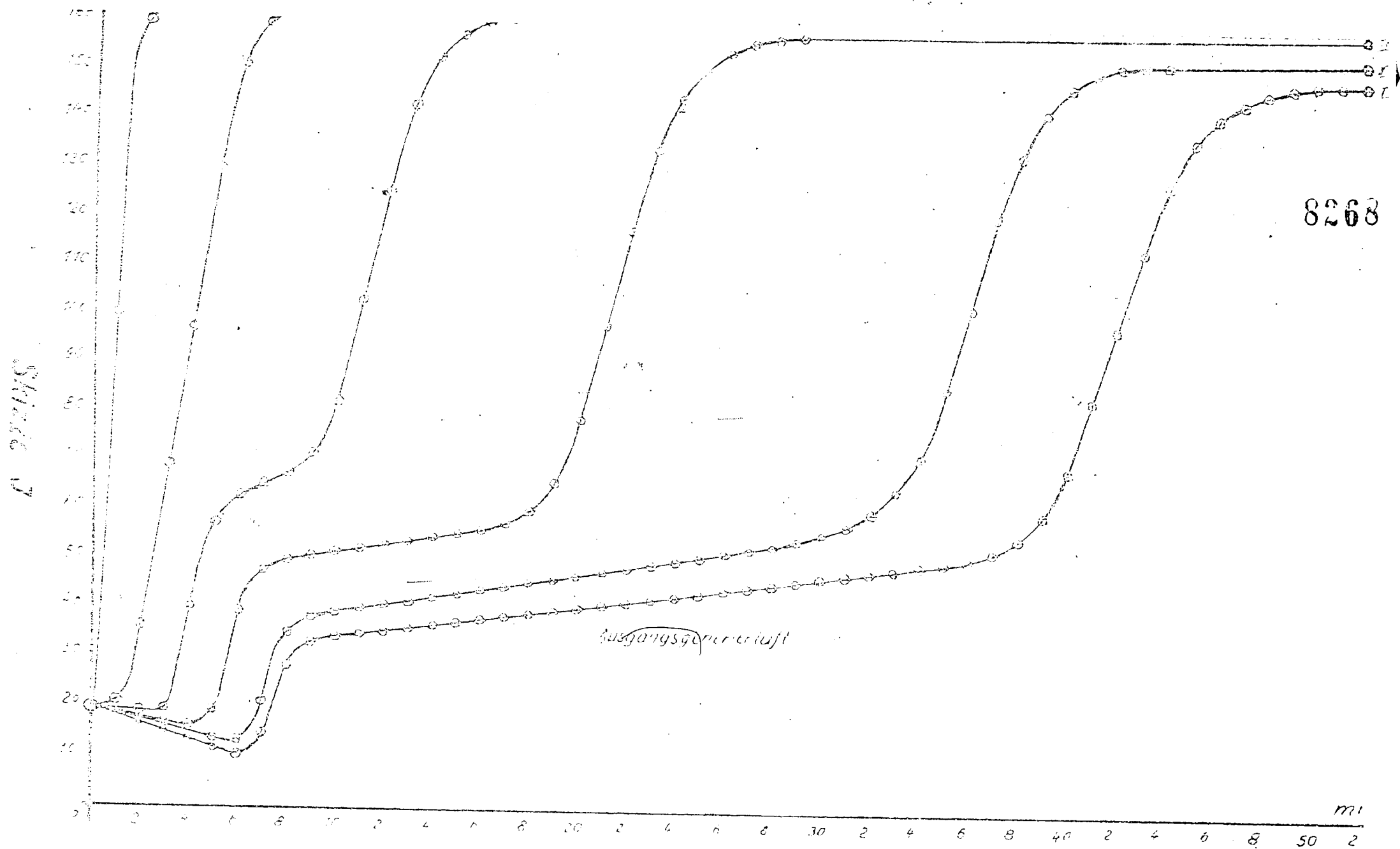
Temperaturverhältnisse im Adsorptionsgefäß  
bei adiabatischer Adsorption.



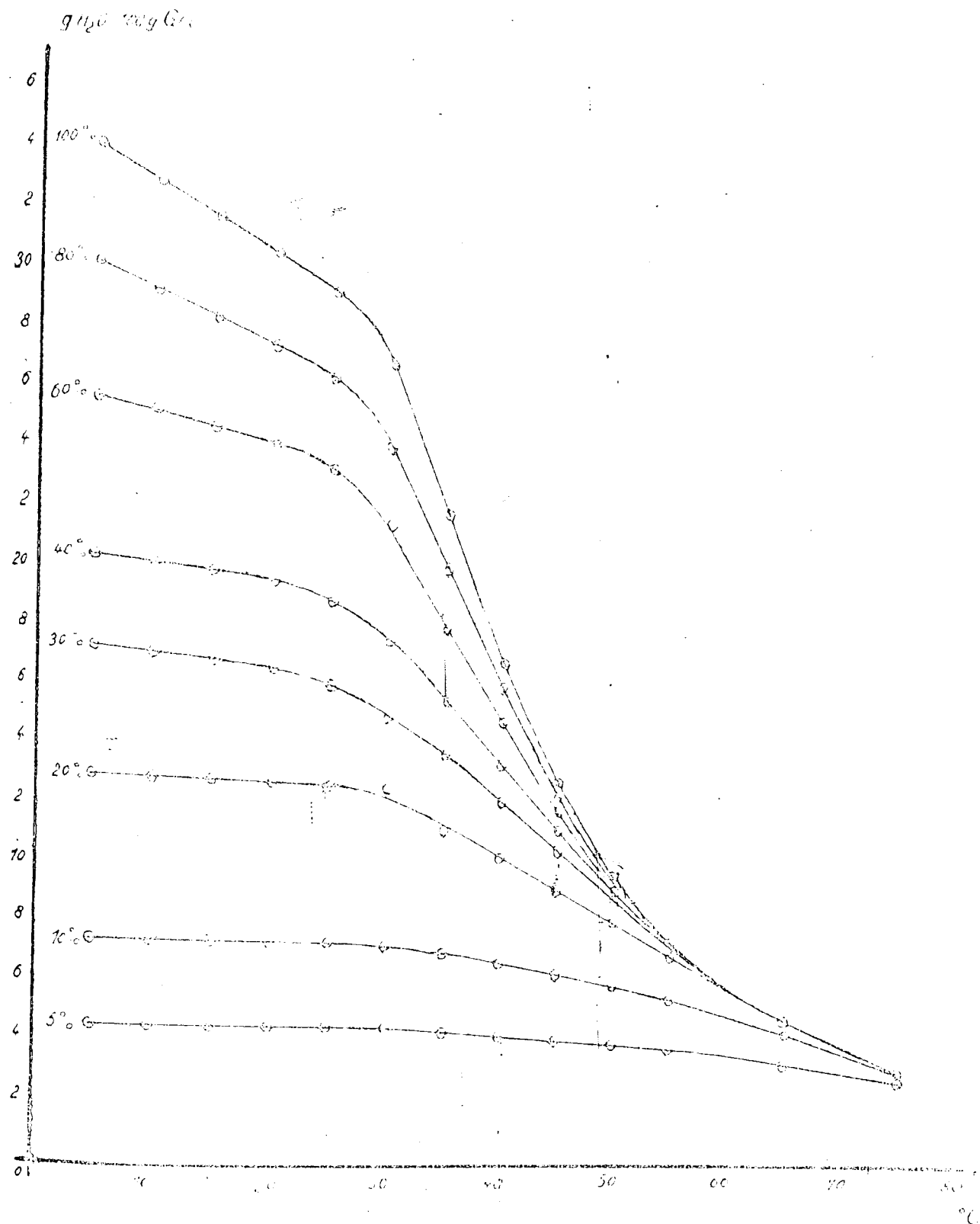
Strick H.

8267

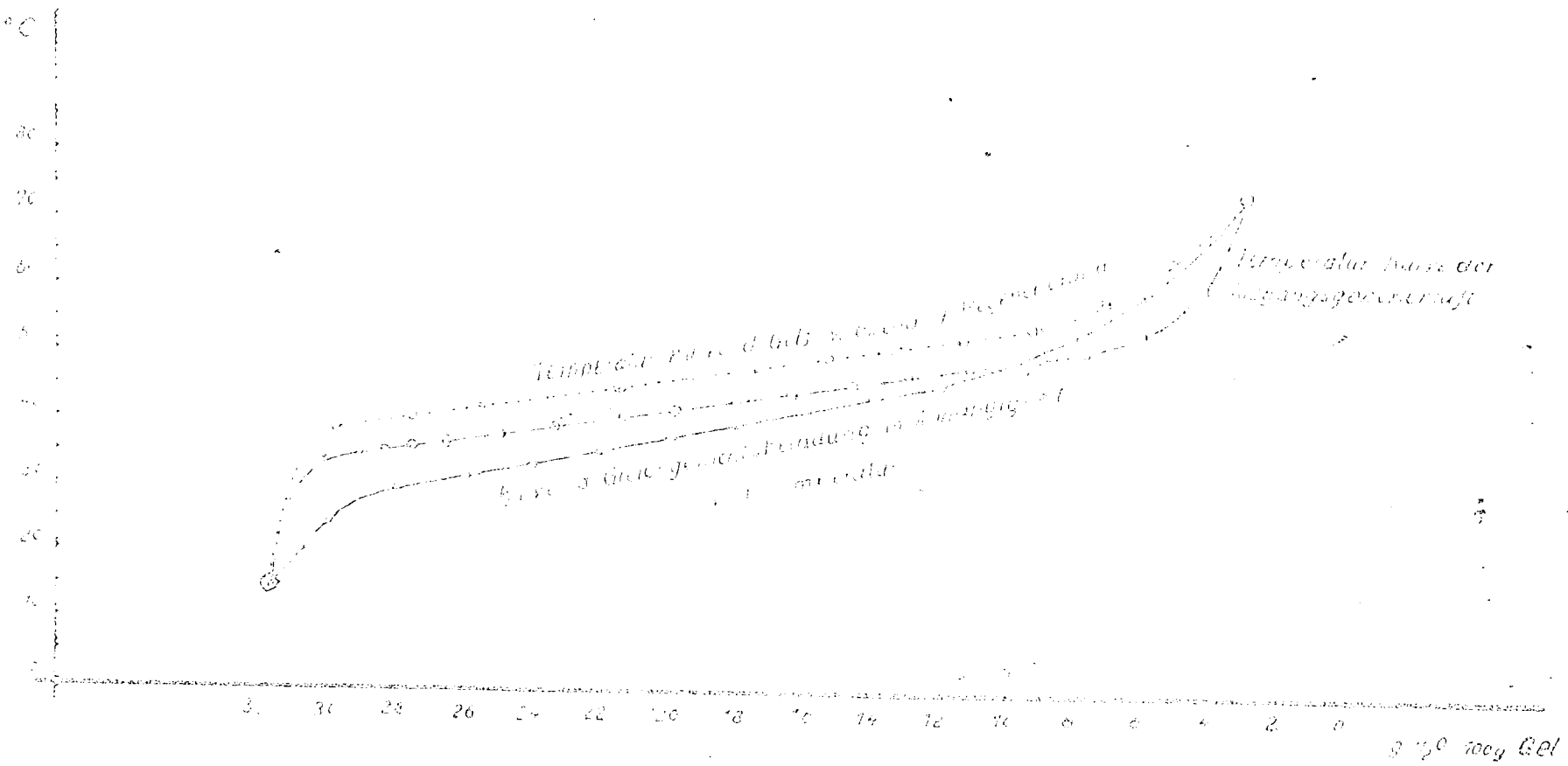




Gleichgewichtsladung v. Kieselgel A  
in Abhängigkeit v. d. relativen Feuchtigkeit  
u. d. Temperatur.



SHILBE



3 1/2 100g Gel



21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
5.8	5.5	5.4	5.1	4.9	4.7	4.5	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5
9.0	8.8	8.3	7.9	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.8	5.5	5.3
11.2	10.7	10.2	9.7	9.2	8.8	8.3	7.9	7.5	7.2	6.9	6.5
13.7	13.1	12.6	12.0	11.5	11.0	10.6	10.1	9.7	9.2	8.7	8.3
15.7	15.1	14.5	13.8	13.2	12.5	11.9	11.3	10.7	10.1	9.6	9.1
17.5	16.8	16.1	15.4	14.8	14.2	13.6	12.9	12.3	11.7	11.1	10.5
18.9	18.2	17.4	16.8	16.1	15.3	14.6	14.0	13.4	12.6	12.2	11.7
20.4	19.6	18.9	18.2	17.5	16.7	16.0	15.3	14.6	13.9	13.3	12.6
21.8	21.0	20.2	19.4	18.7	17.9	17.2	16.4	15.7	15.0	14.3	13.7
23.0	22.2	21.4	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4	16.7	16.0	15.3	14.7

24.2	23.3	22.4	21.6	20.9	20.0	19.2	18.3	17.5	16.8	16.1	15.3
25.1	24.2	23.4	22.4	21.6	20.7	19.9	19.1	18.3	17.5	16.8	16.0
25.9	25.0	24.1	23.2	22.3	21.4	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4	16.6
26.9	26.0	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4
28.0	27.1	26.1	25.2	24.3	23.3	22.4	21.5	20.7	19.8	19.0	18.1
28.7	27.8	26.8	25.9	25.0	24.1	23.2	22.3	21.4	20.5	19.6	18.7
29.6	28.6	27.6	26.7	25.7	24.7	23.8	22.9	22.0	21.0	20.1	19.2
30.2	29.2	28.2	27.3	26.3	25.4	24.5	23.5	22.5	21.5	20.6	19.7
-	29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9	21.9	21.0	20.1
-	-	29.4	28.4	27.4	26.4	25.4	24.3	23.2	22.3	21.4	20.4

-	-	-	29.0	27.9	26.9	25.8	24.7	23.6	22.5	21.7	20.7
-	-	-	-	28.4	27.5	26.2	25.1	24.0	23.0	22.0	21.0
-	-	-	-	29.5	28.0	26.6	25.5	24.4	23.3	22.3	21.3
-	-	-	-	-	28.7	27.4	26.2	25.0	23.8	22.7	21.7
-	-	-	-	-	-	28.0	26.6	25.5	24.5	23.3	22.2
-	-	-	-	-	-	-	27.0	26.0	24.9	23.7	22.5
-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	26.4	25.3	24.0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.7	25.6	24.3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.9	24.6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.7

-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	24.0	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.4	24.3	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.5	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°
3.5	3.4	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7
5.0	4.8	4.0	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5	3.3	3.2	3.1	2.9	2.8
6.2	5.9	5.7	5.4	5.2	5.0	4.8	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5
7.4	7.0	7.2	6.8	6.5	6.2	5.9	5.7	5.4	5.2	5.0	4.8	4.6	4.4
8.7	8.3	7.9	7.5	7.2	6.9	6.6	6.3	6.1	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1
10.0	9.5	9.0	8.6	8.3	8.0	7.7	7.2	6.9	6.6	6.3	6.1	5.9	5.7
11.3	10.8	10.1	9.6	9.2	8.8	8.4	8.1	7.8	7.5	7.1	6.8	6.5	6.3
12.6	12.1	11.3	10.8	10.4	10.0	9.6	9.3	8.9	8.5	8.2	7.8	7.5	7.2
14.0	13.5	12.7	12.1	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.1	8.7	8.4	8.0	7.7

14.6	14.0	13.4	12.7	12.1	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.1	8.7	8.4	8.0
15.9	15.3	14.6	13.9	13.2	12.6	12.0	11.5	11.0	10.4	10.0	9.6	9.1	8.7
17.2	16.5	15.8	15.1	14.4	13.7	13.0	12.4	11.9	11.3	10.7	10.3	9.8	9.1
18.5	17.8	17.1	16.4	15.6	14.9	14.2	13.6	13.0	12.4	11.8	11.3	10.8	10.0
19.8	19.1	18.4	17.7	16.9	16.2	15.5	14.9	14.3	13.7	13.1	12.5	12.0	11.3
21.1	20.4	19.7	19.0	18.2	17.5	16.8	16.2	15.6	15.0	14.4	13.8	13.2	12.5
22.4	21.7	21.0	20.3	19.5	18.8	18.1	17.5	16.9	16.3	15.7	15.1	14.5	13.8
23.7	23.0	22.3	21.6	20.8	20.1	19.4	18.8	18.2	17.6	17.0	16.4	15.8	15.1
25.0	24.3	23.6	22.9	22.1	21.4	20.7	20.1	19.5	18.9	18.3	17.7	17.1	16.4
26.3	25.6	24.9	24.2	23.4	22.7	22.0	21.4	20.8	20.2	19.6	19.0	18.4	17.7
27.6	26.9	26.2	25.5	24.7	24.0	23.3	22.7	22.1	21.5	20.9	20.3	19.7	19.0
28.9	28.2	27.5	26.8	26.0	25.3	24.6	24.0	23.4	22.8	22.2	21.6	21.0	20.3
30.2	29.5	28.8	28.1	27.3	26.6	25.9	25.3	24.7	24.1	23.5	22.9	22.3	21.6
-	29.9	29.2	28.5	27.7	27.0	26.3	25.7	25.1	24.5	23.9	23.3	22.7	22.0
-	-	29.4	28.7	27.9	27.2	26.5	25.9	25.3	24.7	24.1	23.5	22.9	22.2

19.7	18.8	17.9	17.0	16.1	15.2	14.3	13.4	12.7	12.1	11.5	10.9	10.5	10.0
20.1	19.2	18.3	17.3	16.4	15.5	14.6	13.7	13.0	12.4	11.8	11.2	10.6	10.0
20.4	19.4	18.5	17.6	16.7	15.8	14.9	14.0	13.3	12.7	12.1	11.5	10.9	10.3
20.7	19.7	18.7	17.8	16.9	16.0	15.1	14.2	13.5	12.9	12.3	11.7	11.1	10.4
21.2	20.1	19.0	18.1	17.2	16.3	15.4	14.5	13.8	13.2	12.6	12.0	11.4	10.7
21.5	20.4	19.3	18.3	17.4	16.5	15.6	14.7	14.0	13.4	12.8	12.2	11.6	10.9
21.8	20.7	19.6	18.6	17.7	16.8	15.9	15.0	14.3	13.7	13.1	12.5	11.9	11.2
22.1	21.0	19.9	18.9	18.0	17.1	16.2	15.3	14.6	14.0	13.4	12.8	12.2	11.5
22.4	21.3	20.2	19.2	18.3	17.4	16.5	15.6	14.9	14.3	13.7	13.1	12.5	11.8
22.8	21.7	20.6	19.6	18.7	17.8	16.9	16.0	15.3	14.7	14.1	13.5	12.9	12.2

22.9	21.8	20.7	19.7	18.8	17.9	17.0	16.1	15.4	14.8	14.2	13.6	13.0	12.3
23.1	22.0	20.9	19.9	19.0	18.1	17.2	16.3	15.6	15.0	14.4	13.8	13.2	12.5
23.4	22.3	21.2	20.2	19.3	18.4	17.5	16.6	15.9	15.3	14.7	14.1	13.5	12.8
23.8	22.7	21.6	20.6	19.7	18.8	17.9	17.0	16.3	15.7	15.1	14.5	13.9	13.2
-	22.5	21.4	20.4	19.5	18.6	17.7	16.8	16.1	15.5	14.9	14.3	13.7	13.0
-	-	21.2	20.2	19.3	18.4	17.5	16.6	15.9	15.3	14.7	14.1	13.5	12.8
-	-	-	19.0	18.1	17.2	16.3	15.4	14.7	14.1	13.5	12.9	12.3	11.6
-	-	-	-	16.1	15.2	14.3	13.4	12.7	12.1	11.5	10.9	10.3	9.6
-	-	-	-	-	13.2	12.3	11.4	10.7	10.1	9.5	8.9	8.3	7.6



22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
5.5	5.4	5.1	4.9	4.7	4.5	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5
8.6	8.3	7.9	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.8	5.5	5.3
10.7	10.2	9.7	9.2	8.6	8.3	7.9	7.5	7.2	6.9	6.5
13.1	12.6	12.0	11.5	11.0	10.6	10.1	9.7	9.2	8.9	8.5
15.1	14.5	13.8	13.2	12.5	11.9	11.3	10.7	10.1	9.6	9.1
16.8	16.1	15.4	14.6	14.2	13.6	12.9	12.3	11.7	11.1	10.5
18.2	17.4	16.8	16.1	15.3	14.6	14.0	13.4	12.8	12.2	11.7
19.6	18.9	18.2	17.5	16.7	16.0	15.3	14.6	13.9	13.3	12.8
21.0	20.2	19.4	18.7	17.9	17.2	16.4	15.7	15.0	14.3	13.7
22.2	21.4	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4	16.7	16.0	15.3	14.7
23.3	22.4	21.6	20.9	20.0	19.2	18.3	17.5	16.8	16.1	15.3
24.2	23.4	22.4	21.6	20.7	19.9	19.1	18.3	17.5	16.6	16.0
25.0	24.1	23.2	22.3	21.4	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4	16.6
26.0	25.1	24.2	23.3	22.4	21.5	20.6	19.8	19.0	18.2	17.4
27.1	26.1	25.2	24.3	23.3	22.4	21.5	20.7	19.8	19.0	18.1
28.1	27.0	26.1	25.0	24.1	23.2	22.3	21.4	20.5	19.6	18.7
28.6	27.6	26.7	25.7	24.7	23.8	22.9	22.0	21.0	20.1	19.2
29.2	28.2	27.3	26.3	25.4	24.5	23.5	22.5	21.5	20.6	19.7
29.9	28.9	27.9	26.9	25.9	24.9	23.9	22.9	21.9	21.0	20.1
-	29.4	28.4	27.4	26.4	25.4	24.3	23.2	22.3	21.4	20.4
-	-	29.0	27.9	26.9	25.8	24.7	23.6	22.5	21.4	20.3
-	-	-	28.4	27.5	26.2	25.1	24.0	23.0	22.0	21.0
-	-	-	29.5	28.0	26.6	25.5	24.4	23.3	22.3	21.3
-	-	-	-	26.7	27.4	26.2	25.0	23.8	22.7	21.7
-	-	-	-	-	26.0	26.6	25.5	24.5	23.3	22.2
-	-	-	-	-	-	27.0	26.0	24.9	23.7	22.5
-	-	-	-	-	-	-	27.5	26.4	25.3	24.0
-	-	-	-	-	-	-	-	26.7	25.6	24.5
-	-	-	-	-	-	-	-	25.9	24.6	23.4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	23.7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	24.0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.4	24.3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6

33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9
5.9	5.0	4.6	4.4	4.2	4.0	3.8	3.7	3.5	3.3	3.2	3.1
6.2	5.3	4.9	4.7	4.5	4.3	4.1	4.0	3.8	3.6	3.4	3.3
7.8	7.0	6.7	6.5	6.3	6.1	5.9	5.7	5.4	5.2	5.0	4.8
8.7	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.6	6.4	6.2	6.0
10.0	9.5	9.0	8.8	8.6	8.4	8.2	8.0	7.7	7.5	7.3	7.1
11.2	10.6	10.1	9.8	9.6	9.4	9.2	9.0	8.6	8.4	8.2	8.0
12.7	12.1	11.6	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5	10.0	9.8	9.6	9.4
14.0	13.3	12.7	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	11.0	10.8	10.6	10.4
14.4	14.0	13.4	12.7	12.1	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.1	8.7
15.2	14.6	14.0	13.2	12.6	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.1
16.8	16.1	15.5	14.7	14.0	13.4	12.9	12.4	11.9	11.3	10.8	10.3
18.0	17.3	16.7	15.8	15.0	14.3	13.7	13.2	12.7	12.1	11.6	11.1
19.2	18.5	17.9	17.0	16.2	15.5	14.9	14.4	13.9	13.3	12.8	12.3
20.4	19.7	19.0	18.1	17.3	16.6	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5
21.2	20.5	19.8	18.9	18.1	17.4	16.8	16.3	15.8	15.3	14.8	14.3
21.5	20.8	19.9	19.0	18.2	17.5	16.9	16.4	15.9	15.4	14.9	14.4
21.6	20.7	19.8	18.9	18.1	17.4	16.8	16.3	15.8	15.3	14.8	14.3
22.1	20.9	19.9	19.0	18.2	17.5	16.9	16.4	15.9	15.4	14.9	14.4
22.4	21.2	20.0	19.1	18.3	17.6	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5
22.6	21.4	20.2	19.3	18.5	17.8	17.2	16.7	16.2	15.7	15.2	14.7
22.9	21.6	20.4	19.5	18.7	18.0	17.4	16.9	16.4	15.9	15.4	14.9
23.1	21.9	20.6	19.7	18.9	18.2	17.6	17.1	16.6	16.1	15.6	15.1
23.4	22.1	20.8	19.9	19.1	18.4	17.8	17.3	16.8	16.3	15.8	15.3
23.6	22.3	21.0	20.1	19.3	18.6	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5
23.8	22.5	21.2	20.2	19.4	18.7	18.1	17.6	17.1	16.6	16.1	15.6

34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	
2.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
3.0	3.8	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
4.0	4.8	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6
5.0	5.8	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6
6.0	6.8	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6
7.0	7.8	7.6	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.8	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.7	5.6
8.0	8.8	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	8.0	7.9	7.8	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.8	6.7	6.6
9.0	9.8	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9.0	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	8.0	7.9	7.8	7.7	7.6
10.0	10.8	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	10.0	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9.0	8.9	8.8	8.7	8.6
11.0	11.8	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	10.0	9.9	9.8	9.7	9.6
12.0	12.8	12.6	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6
13.0	13.8	13.6	13.5	13.4	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6
14.0	14.8	14.6	14.5	14.4	14.3	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6	13.5	13.4	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6
15.0	15.8	15.6	15.5	15.4	15.3	15.2	15.1	15.0	14.9	14.8	14.7	14.6	14.5	14.4	14.3	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6
16.0	16.8	16.6	16.5	16.4	16.3	16.2	16.1	16.0	15.9	15.8	15.7	15.6	15.5	15.4	15.3	15.2	15.1	15.0	14.9	14.8	14.7	14.6
17.0	17.8	17.6	17.5	17.4	17.3	17.2	17.1	17.0	16.9	16.8	16.7	16.6	16.5	16.4	16.3	16.2	16.1	16.0	15.9	15.8	15.7	15.6
18.0	18.8	18.6	18.5	18.4	18.3	18.2	18.1	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5	17.4	17.3	17.2	17.1	17.0	16.9	16.8	16.7	16.6
19.0	19.8	19.6	19.5	19.4	19.3	19.2	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7	18.6	18.5	18.4	18.3	18.2	18.1	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6
20.0	20.8	20.6	20.5	20.4	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.8	19.7	19.6	19.5	19.4	19.3	19.2	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7	18.6
21.0	21.8	21.6	21.5	21.4	21.3	21.2	21.1	21.0	20.9	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.8	19.7	19.6
22.0	22.8	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1	22.0	21.9	21.8	21.7	21.6	21.5	21.4	21.3	21.2	21.1	21.0	20.9	20.8	20.7	20.6
23.0	23.8	23.6	23.5	23.4	23.3	23.2	23.1	23.0	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2	22.1	22.0	21.9	21.8	21.7	21.6
24.0	24.8	24.6	24.5	24.4	24.3	24.2	24.1	24.0	23.9	23.8	23.7	23.6	23.5	23.4	23.3	23.2	23.1	23.0	22.9	22.8	22.7	22.6
25.0	25.8	25.6	25.5	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	24.9	24.8	24.7	24.6	24.5	24.4	24.3	24.2	24.1	24.0	23.9	23.8	23.7	23.6
26.0	26.8	26.6	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	26.0	25.9	25.8	25.7	25.6	25.5	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	24.9	24.8	24.7	24.6
27.0	27.8	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	26.0	25.9	25.8	25.7	25.6
28.0	28.8	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6
29.0	29.8	29.6	29.5	29.4	29.3	29.2	29.1	29.0	28.9	28.8	28.7	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6
30.0	30.8	30.6	30.5	30.4	30.3	30.2	30.1	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6	29.5	29.4	29.3	29.2	29.1	29.0	28.9	28.8	28.7	28.6
31.0	31.8	31.6	31.5	31.4	31.3	31.2	31.1	31.0	30.9	30.8	30.7	30.6	30.5	30.4	30.3	30.2	30.1	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6
32.0	32.8	32.6	32.5	32.4	32.3	32.2	32.1	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6	31.5	31.4	31.3	31.2	31.1	31.0	30.9	30.8	30.7	30.6
33.0	33.8	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0	32.9	32.8	32.7	32.6	32.5	32.4	32.3	32.2	32.1	32.0	31.9	31.8	31.7	31.6
34.0	34.8	34.6	34.5	34.4	34.3	34.2	34.1	34.0	33.9	33.8	33.7	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.1	33.0	32.9	32.8	32.7	32.6
35.0	35.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.2	35.1	35.0	34.9	34.8	34.7	34.6	34.5	34.4	34.3	34.2	34.1	34.0	33.9	33.8	33.7	33.6
36.0	36.8	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0	35.9	35.8	35.7	35.6	35.5	35.4	35.3	35.2	35.1	35.0	34.9	34.8	34.7	34.6
37.0	37.8	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0	36.9	36.8	36.7	36.6	36.5	36.4	36.3	36.2	36.1	36.0	35.9	35.8	35.7	35.6
38.0	38.8	38.6	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0	36.9	36.8	36.7	36.6
39.0	39.8	39.6	39.5	39.4	39.3	39.2	39.1	39.0	38.9	38.8	38.7	38.6	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6
40.0	40.8	40.6	40.5	40.4	40.3	40.2	40.1	40.0	39.9	39.8	39.7	39.6	39.5	39.4	39.3	39.2	39.1	39.0	38.9	38.8	38.7	38.6
41.0	41.8	41.6	41.5	41.4	41.3	41.2	41.1	41.0	40.9	40.8	40.7	40.6	40.5	40.4	40.3	40.2	40.1	40.0	39.9	39.8	39.7	39.6
42.0	42.8	42.6	42.5	42.4	42.3	42.2	42.1	42.0	41.9	41.8	41.7	41.6	41.5	41.4	41.3	41.2	41.1	41.0	40.9	40.8	40.7	40.6
43.0	43.8	43.6	43.5	43.4	43.3	43.2	43.1	43.0	42.9	42.8	42.7	42.6	42.5	42.4	42.3	42.2	42.1	42.0	41.9	41.8	41.7	41.6
44.0	44.8	44.6	44.5	44.4	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	43.8	43.7	43.6	43.5	43.4	43.3	43.2	43.1	43.0	42.9	42.8	42.7	42.6
45.0	45.8	45.6	45.5	45.4	45.3	45.2	45.1	45.0	44.9	44.8	44.7	44.6	44.5	44.4	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	43.8	43.7	43.6
46.0	46.8	46.6	46.5	46.4	46.3	46.2	46.1	46.0	45.9	45.8	45.7	45.6	45.5	45.4	45.3	45.2	45.1	45.0	44.9	44.8	44.7	44.6
47.0	47.8	47.6	47.5	47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.6	46.5	46.4	46.3	46.2	46.1	46.0	45.9	45.8	45.7	45.6
48.0	48.8	48.6	48.5	48.4	48.3	48.2	48.1	48.0	47.9	47.8	47.7	47.6	47.5	47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	46.9	46.8	46.7	46.6
49.0	49.8	49.6	49.5	49.4	49.3	49.2	49.1	49.0	48.9	48.8	48.7	48.6	48.5	48.4	48.3	48.2	48.1	48.0	47.9	47.8	47.7	47.6
50.0	50.8	50.6	50.5	50.4	50.3	50.2	50.1	50.0	49.9	49.8	49.7	49.6	49.5	49.4	49.3	49.2	49.1	49.0	48.9	48.8	48.7	48.6
51.0	51.8	51.6	51.5	51.4	51.3	51.2	51.1	51.0	50.9	50.8	50.7	50.6	50.5	50.4	50.3	50.2	50.1	50.0	49.9	49.8	49.7	49.6
52.0	52.8	52.6	52.5	52.4	52.3	52.2	52.1	52.0	51.9	51.8	51.7	51.6	51.5	51.4	51.3	51.2	51.1	51.0	50.9	50.8	50.7	50.6
53.0	53.8	53.6	53.5	53.4	53.3	53.2	53.1	53.0	52.9	52.8	52.7	52.6	52.5	52.4	52.3	52.2	52.1	52.0	51.9	51.8	51.7	51.6
54.0	54.8	54.6	54.5	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.6	53.5	53.4	53.3	53.2	53.1	53.0	52.9	52.8	52.7	52.6
55.0	55.8	55.6	55.5	55.4	55.3	55.2	55.1	55.0	54.9	54.8	54.7	54.6	54.5	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.8	53.7	53.6

8272

2 11 7 8 5 4