

## Sorptions-Isothermen einiger Cigarettenarten

von L. Hübschen

Laboratorium der Wilh. Quester Maschinenfabrik, Köln

Anlässlich des Tabak-Kolloquiums 1960 wurde angeregt, Feuchtegleichgewichtskurven von handelsüblichen Cigaretten aufzustellen, um eine Gleichgewichtsfeuchte zu finden, die den normalen Feuchtigkeiten der Cigaretten entspricht. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß die von der CORESTA festgelegte Salzlösung in bezug auf ihre relative Luftfeuchte keine arbeitsfähigen Feuchtigkeitswerte ergibt (1).

Für diese Untersuchungen haben 6 Firmen je 1 Cigarettenmarke zur Verfügung gestellt und zwar

1. Vereinigte Tabakfabriken, Neuchâtel	einen Maryland-Typ	Marke A
2. AUSTRIA Tabakwerke AG., Wien	einen Orient-Typ	Marke B
3. Haus Neuerburg KG., Köln	einen Misch-Typ	Marke C
4. British American Tobacco Co., Hamburg	einen Straight-Virgin-Typ	Marke D
5. Brinkmann GmbH., Bremen	einen Misch-Typ	Marke E
6. H. F. & Ph. F. Reemtsma, Hamburg	einen Misch-Typ	Marke F

Diese Cigaretten, die uns in versiegelten Polyäthylen-Beuteln zugesandt worden sind, waren so konditioniert, wie sie für Labor-Untersuchungen gewünscht wurden.

Hiervon sind zu Beginn der Untersuchungen die Ausgangsfeuchtigkeiten der Cigaretten bestimmt worden. Die erhaltenen Werte sind in Tab. 1 zusammengestellt.

TABELLE 1

	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 % H <sub>2</sub> O	4 % H <sub>2</sub> O	5 g
Marke A	14,8	15,0	14,0	14,1 a)	1,032
Marke B	12,3	11,4	10,6	11,9 b)	1,008
Marke C	13,4	13,1	12,6	10,5 c)	1,146
Marke D	12,3	12,4	10,6	—	1,158
Marke E	13,4	12,6	11,4	11,3+12,0 d)	1,095
Marke F	13,3	12,6	11,2	—	0,997

Die in der Tab. 1 enthaltenen Indices bedeuten:

1. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O nach Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105° C.
2. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Toluol-Destillation<sup>1</sup>.
3. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Benzol-Destillation<sup>1</sup>.
4. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O, vom Hersteller angegebene Werte, und zwar
  - a) Vereinigte Tabakfabriken: Benzol-Destillation<sup>2</sup>
  - b) AUSTRIA: Brabender-Trockenschrank: 60 Minuten bei 95° C
  - c) Haus Neuerburg: Trockenschrank mit Umluft: 180 Minuten bei 85° C
  - d) Brinkmann: Benzol-Destillation; 40 Minuten bzw. 120 Minuten
5. Durchschnittsgewicht der Cigaretten.

Die Marken E und F hatten Filter, die aber vorher abgetrennt worden waren und in den Messungen nicht berücksichtigt sind.

Es wurde eine erste Meßreihe angesetzt: Feuchtegleichgewichte über gesättigten Salzlösungen. Je 10 Cigaretten sind nach der oben angegebenen Ausgangsbestimmung in Einweckgläser über gesättigte Salzlösungen gebracht worden; es handelte sich dabei um folgende Atmosphären relativer Luftfeuchte: CaCl<sub>2</sub> mit 32,5%, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mit 44%, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> mit 56%, NaBr mit 58%, NaNO<sub>3</sub> mit 66%, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> mit 67% und NaCl mit 75% relativer Luftfeuchte (3).

In diesen Medien verblieben die Cigaretten 44 Tage bei Raumtemperatur. Sie wurden zwischendurch gewogen, um den Zustand der Gewichtskonstanz zu erfassen. Nach dieser Zeit wurden die Cigarettenfeuchtigkeiten im Brabender-Trockenschrank (90 Minuten bei 105° C) und nach der Destillationsmethode (Benzol, 90 Minuten) bestimmt. Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse.

TABELLE 2a  
Sorte A

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	8,5	7,9	95,75	4,25
44,0	9,7	8,8	95,78	4,22
56,0	11,2	9,6	95,90	4,10
58,0	11,8	11,6	96,00	4,00
66,0	12,7	11,7	95,98	4,02
67,0	12,9	11,9	96,04	3,96
75,0	16,9	16,2	96,06	3,94

TABELLE 2b  
Sorte B

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	7,5	4,9	95,28	4,72
44,0	8,8	5,9	95,35	4,65
56,0	10,8	8,4	95,03	4,97
58,0	11,2	9,9	95,30	4,70
66,0	13,2	11,7	95,52	4,48
67,0	13,8	12,0	95,52	4,48
75,0	18,6	14,7	95,58	4,42

TABELLE 2c  
Sorte C

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	7,3	5,2	95,38	4,63
44,0	9,8	7,1	95,30	4,70
56,0	11,5	9,1	95,44	4,56
58,0	12,0	11,4	95,57	4,43
66,0	14,0	13,1	95,85	4,15
67,0	14,4	13,7	95,78	4,22
75,0	20,2	17,0	95,46	4,54

TABELLE 2d  
Sorte D

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	7,2	5,4	95,47	4,53
44,0	9,8	6,9	95,49	4,51
56,0	11,2	8,1	95,73	4,27
58,0	11,7	10,8	96,03	3,97
66,0	13,5	12,4	95,61	4,39
67,0	14,6	12,8	96,06	3,94
75,0	20,0	18,1	95,87	4,13

<sup>1</sup> Diese, wie alle anderen Destillationen sind von uns mit der „absteigenden“ Apparatur geführt worden. Es wurden keine Netzmittel verwendet

<sup>2</sup> Destillations-Apparatur nicht bekannt

TABELLE 2e  
Sorte E

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	6,5	5,2	95,20	4,80
44,0	9,1	5,8	95,26	4,74
56,0	11,2	8,6	95,48	4,52
58,0	11,7	11,2	95,58	4,42
66,0	14,1	12,3	95,61	4,39
67,0	14,7	12,6	95,59	4,41
75,0	18,9	17,3	95,72	4,28

TABELLE 2f  
Sorte F

% rel. Luftfeuchte	1	2	3	4
	% H <sub>2</sub> O	% H <sub>2</sub> O	%	%
32,5	7,8	5,5	95,42	4,58
44,0	9,6	5,8	95,35	4,65
56,0	11,3	8,1	95,54	4,46
58,0	11,9	11,2	95,71	4,29
66,0	14,6	12,1	95,69	4,31
67,0	14,9	12,2	95,55	4,45
75,0	18,8	15,8	95,79	4,21

Hierin bedeuten:

1. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O nach der Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105 ° C,
2. Feuchtigkeit in %H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Benzol-Destillation,
3. prozentualer Gewichtsanteil des Cigarettentabaks,
4. prozentualer Gewichtsanteil des Cigarettenpapiers.

Zu den Werten der zweiten Spalte (Benzol-Destillation) ist noch eine Bemerkung zu machen: die ermittelten Feuchtigkeiten liegen oft wesentlich niedriger als es normalerweise der Benzol-Destillation entspricht; das kommt daher, daß die Einwaagen um 5 Gramm Tabak lagen, denn mehr Cigaretten standen aus den Proben nicht zur Verfügung.

Jede einzelne der Tab. 2 stellt eine Sorptions-Isotherme der betreffenden Cigarettenmarke dar und zwar für die angegebene Ausgangsfeuchtigkeit, für den Bereich von 32,5 bis 75,0% relativer Luftfeuchte und für Raumtemperatur. Der Anschaulichkeit wegen sind die Tabellenwerte auch grafisch aufgetragen und zwar in der Abhängigkeit: relative Luftfeuchte – Tabakfeuchte (Abb. 1a bis 6a). In der dritten bzw. vierten Spalte jeder Tabelle sind die prozentualen Gewichtsanteile des Cigarettentabaks und des Cigarettenpapiers eingetragen; man sieht, daß sich diese Werte mit der Feuchte nur unwesentlich ändern. Andererseits schien es lohnend, in einer zweiten Meßreihe diese Zusammenhänge eingehender zu untersuchen.

Zusammenfassend läßt sich aus der ersten Meßreihe sagen: Die Cigarette des Maryland-Typs (A) mit ihrer höchsten Ausgangsfeuchte (14,8% H<sub>2</sub>O) steht mit einer 71%igen Luftfeuchte im Gleichgewicht. Die dicht beieinanderliegenden Ausgangsfeuchten der Misch-Typen (C mit 13,4%, E mit 13,4%, F mit 13,3% H<sub>2</sub>O) haben ihre Gleichgewichtswerte bei 64% (C und E), bei 62% (F) relativer Luftfeuchte. Der Straight-Virgin-Typ (D) mit 12,3% H<sub>2</sub>O liegt bei 61% relativer Luftfeuchte, der Orient-Typ (B) mit 12,3% H<sub>2</sub>O bei 62,5% relativer Luftfeuchte.

Es fallen also 5 Cigarettenmarken in den sehr engen Feuchtigkeitsbereich von 61 bis 64%. Bedauerlicherweise läßt sich für diesen Bereich aber keine Salzlösung angeben, denn die NaBr-Lösung liegt zu niedrig, die NaNO<sub>2</sub>-Lösung jedoch zu hoch (alles bezogen auf Raumtemperatur), wenn man davon Abstand nehmen will, wässrige Lösungen zu verwenden. Für eine 30%ige CaCl<sub>2</sub>-Lösung liegt die relative Luftfeuchte bei etwa 64% für 20 ° C; es braucht aber nicht besonders betont zu werden, daß die relative Luftfeuchte bei der wässrigen Lösung in erhöhtem Maße temperaturanfällig ist. Diese Methode ist nur dann zu empfehlen, wenn die ganze Untersuchung in einem Thermostaten durchgeführt wird, und selbst dann ist eine gewisse Vorsicht angebracht. Ähnliches gilt für alle anderen wässrigen Lösungen, z. B. ergibt eine 50%ige Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-Lösung bei 20 ° C eine relative Luftfeuchte von ebenfalls 64%, ist aber dafür ebenso temperaturanfällig.

Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, wurde eine zweite Meßreihe angesetzt; hierbei sind wässrige Schwefelsäure-Lösungen verwendet worden, mit denen es möglich ist, jede beliebige relative Luftfeuchte gut einzustellen.

Der zweiten Meßreihe liegen ebenfalls wieder je 10 Cigaretten zugrunde. Allerdings hat sich deren Anfangsfeuchtigkeit etwas geändert, weil die Polyäthylen-Beutel bereits geöffnet waren.

Hierbei zeigen sich folgende Ergebnisse:

TABELLE 3

Marke	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 % H <sub>2</sub> O	4 % H <sub>2</sub> O	5 g	6 g	7 %	8 mg	9 % H <sub>2</sub> O
A	14,4	14,1	13,8	14,8	1,065	1,025	96,2	40	4,8
B	11,7	9,6	9,5	14,1	0,996	0,950	95,4	46	4,3
C	13,3	15,2	11,4	15,4	1,138	1,087	95,6	51	4,4
D	12,1	11,7	10,3	13,3	1,155	1,106	95,8	49	4,7
E	12,9	12,0	10,8	13,8	1,087	1,038	95,5	49	4,7
F	12,9	12,8	8,6	14,1	0,994	0,951	95,7	43	4,8

Hierin bedeuten:

1. Feuchtigkeit in % H<sub>2</sub>O nach Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105° C,
2. Feuchtigkeit in % H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Toluol-Destillation,
3. Feuchtigkeit in % H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Benzol-Destillation,
4. Feuchtigkeit in % H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Xylol-Destillation,
5. Durchschnittsgewicht der Cigarette in g,
6. Durchschnittsgewichte des Cigarettenabaks in g,
7. prozentualer Anteil des Cigarettenabaks,
8. Durchschnittsgewicht des Cigarettenpapiers in mg,
9. Feuchtigkeit in % H<sub>2</sub>O des Cigarettenpapiers nach Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105° C.

Je 10 Cigaretten sind den einzelnen relativen Luftfeuchten ausgesetzt worden und zwar insgesamt 36 Tage. Es wurden wässrige Schwefelsäure-Lösungen verwendet mit den Werten 49%, 54%, 59,5%, 62%, 65%, 71% und 74%. Die Konzentrationsänderungen sind titrimetrisch sehr einfach zu bestimmen.

Im einzelnen wurden nach Abschluß der Untersuchungen der Cigarettenabak und das Cigarettenpapier getrennt und jeder Anteil für sich gewogen. Dabei zeigten sich folgende Ergebnisse:

TABELLE 4a  
Sorte A

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,3	7,3	96,30	3,70	3,4
56	10,2	8,8	96,01	3,99	3,9
60	11,1	9,9	95,93	4,07	4,4
61,5	11,8	11,7	96,14	3,86	4,7
66	13,7	11,9	96,26	3,74	4,9
71	14,1	12,8	96,30	3,70	5,2
74,5	15,1	14,5	96,14	3,86	5,4

TABELLE 4b  
Sorte B

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,2	7,1	94,97	5,03	4,0
56	10,1	7,6	94,58	5,42	4,3
60	11,4	7,8	95,41	4,59	4,4
61,5	12,1	8,6	95,53	4,47	4,4
66	14,5	10,9	95,46	4,54	4,4
71	15,5	12,1	95,61	4,39	4,6
74,5	17,4	14,7	95,67	4,33	5,0

Hierin bedeuten:

1. Feuchtigkeit des Cigarettentabaks in % H<sub>2</sub>O nach Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105° C,
2. Feuchtigkeit des Cigarettentabaks in % H<sub>2</sub>O nach 90 Minuten Benzol-Destillation,
3. prozentualer Gewichtsanteil des Cigarettentabaks,
4. prozentualer Gewichtsanteil des Cigarettenpapiers,
5. Feuchtigkeit des Cigarettenpapiers in % H<sub>2</sub>O nach Trocknung im Brabender-Trockenschrank, 90 Minuten bei 105° C.

Die ermittelten Werte sind wiederum zu Feuchtgleichgewichtskurven zusammengestellt: Abb. 1b bis 6b für den Cigarettentabak und Abb. 7 für die dazugehörigen Cigarettenpapiere.

Daraus sieht man: legt man die ursprünglichen Feuchtigkeiten der Cigaretten zugrunde, so fällt auch hier die zugehörige relative Luftfeuchte in einem engen Bereich von 62 bis 64% zusammen. Nur die Sorte A weicht ab, sie liegt bei 73,5% relativer Luftfeuchte.

Die bisherigen Ergebnisse sollen insgesamt nochmals zusammengestellt werden. In der Tab. 5 sind neben dem Cigaretten-Typ die Sollfeuchte (Brabender-Werte) und die zugehörige relative Luftfeuchte über gesättigte Salzlösungen und über wässrige Schwefelsäure-Lösungen verzeichnet. Dabei soll nochmals bemerkt werden, daß die relative Luftfeuchte bei den wässrigen Schwefelsäure-Lösungen nur den Cigarettentabak, nicht die fertige Cigarette als Gleichgewichtsfeuchte hat.

TABELLE 4  
Sorte C

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,7	6,4	95,33	4,67	3,6
56	10,3	6,9	94,95	5,05	3,7
60	11,1	8,8	95,52	4,48	4,0
61,5	12,7	11,8	95,55	4,45	4,2
66	14,4	12,9	95,58	4,42	4,5
71	15,7	13,2	96,80	3,20	4,9
74,5	17,7	15,7	95,70	4,30	5,2

TABELLE 4d  
Sorte D

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,4	8,1	95,65	4,35	3,0
56	9,4	8,7	95,73	4,27	3,7
60	10,7	9,1	96,08	3,92	3,9
61,5	11,9	10,0	96,00	4,00	4,1
66	14,1	12,5	96,00	4,00	4,9
71	16,3	13,9	96,01	3,99	5,2
74,5	18,9	15,5	95,90	4,10	5,5

TABELLE 4e  
Sorte E

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,9	6,3	95,25	4,75	3,5
56	9,9	7,8	95,49	4,51	4,0
60	11,8	10,0	95,33	4,67	4,3
61,5	12,4	11,4	95,51	4,49	4,4
66	15,0	12,4	95,59	4,41	4,6
71	16,1	13,7	95,65	4,35	4,8
74,5	18,5	14,6	95,73	4,27	5,1

TABELLE 4f  
Sorte F

% rel. Luftfeuchte	1 % H <sub>2</sub> O	2 % H <sub>2</sub> O	3 %	4 %	5 % H <sub>2</sub> O
52	8,2	7,4	95,65	4,35	3,5
56	10,2	8,7	95,55	4,45	4,0
60	10,9	9,3	95,63	4,37	4,2
61,5	11,7	9,7	95,65	4,35	4,4
66	14,5	12,7	95,53	4,47	4,7
71	17,1	13,2	95,13	4,87	5,0
74,5	17,6	14,6	95,87	4,13	5,2

TABELLE 5

Sorte	Sollfeuchte % H <sub>2</sub> O	zugehörige rel. Luftfeuchte über Salz-Lösg. in %	zugehörige rel. Luftfeuchte über Schwefelsäure-Lösg. in %
A Maryland	14,8	71	73,5
B Orient	12,3	62,5	62
C Mischtyp	13,4	64	63,5
D Straight-Virgin	12,3	61	62,5
E Mischtyp	13,4	64	63,5
F Mischtyp	13,3	62	64

Für die Mehrzahl der zur Verfügung gestellten Cigaretten ist also eine relative Luftfeuchte von 63% zu empfehlen. Wie bereits betont, läßt sich hierfür keine gesättigte Salzlösung angeben. Statt dessen kann man mit den wässrigen Schwefelsäure-Lösungen arbeiten. Zugleich bietet diese Methode die Möglichkeit, am Ende der Meßreihe die aufgenommene Wassermenge in der Schwefelsäure – also die Konzentrationsänderung – zu bestimmen. Den Gehalt der Lösung kann man dann in Prozenten relativer Luftfeuchte angeben.

Die Festlegung der relativen Luftfeuchten mit wässrigen Schwefelsäure-Lösungen ist aus der Literatur hinreichend bekannt (z. B. 4) und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Für Raumtemperatur sind die Werte durchaus annehmbar, jedoch sind bei höheren Temperaturen gegen die Schwefelsäure-Methode Bedenken anzumelden.

ABBILDUNG 1a

Sorte „A“  
Original-Cigarette

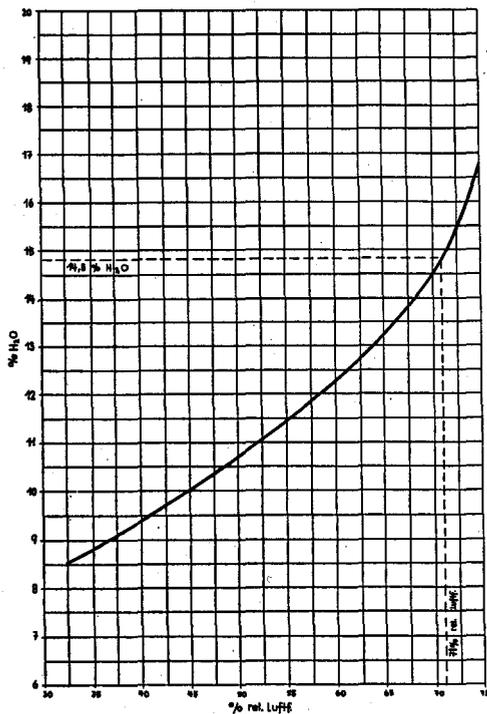
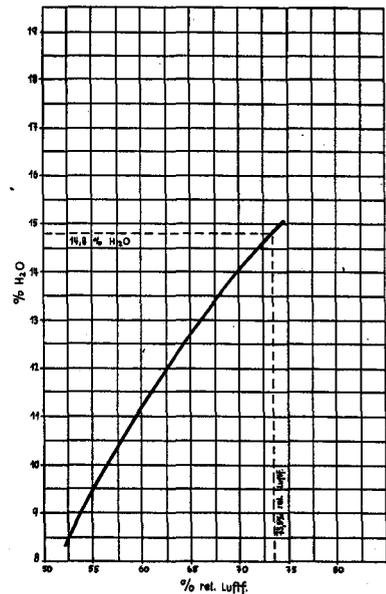


ABBILDUNG 1b

Sorte „A“  
Cigaretten tabak



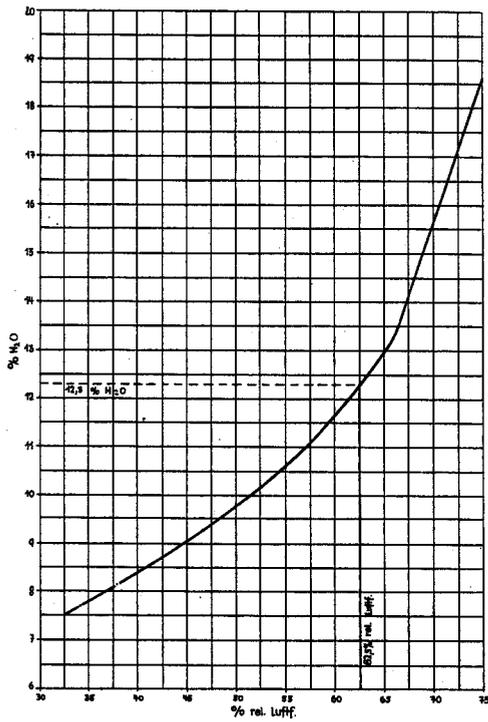


ABBILDUNG 2a  
 Sorte „B“  
 Original-Cigarette

ABBILDUNG 3a  
 Sorte „C“  
 Original-Cigarette

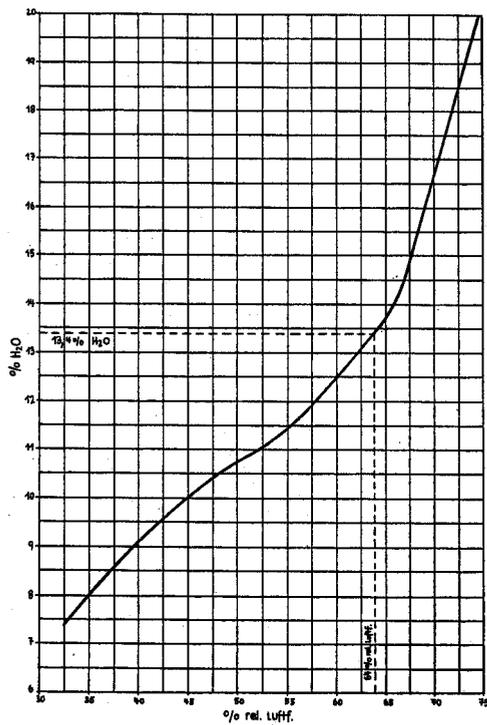
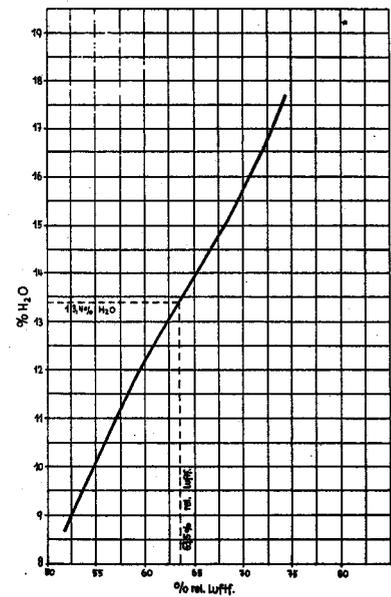
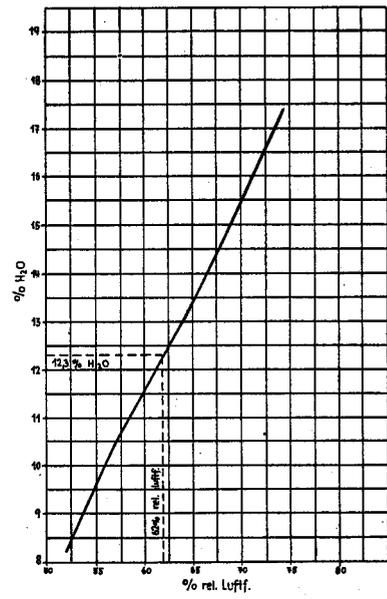


ABBILDUNG 2b  
 Sorte „B“  
 Cigarettenabak

ABBILDUNG 3b  
 Sorte „C“  
 Cigarettenabak



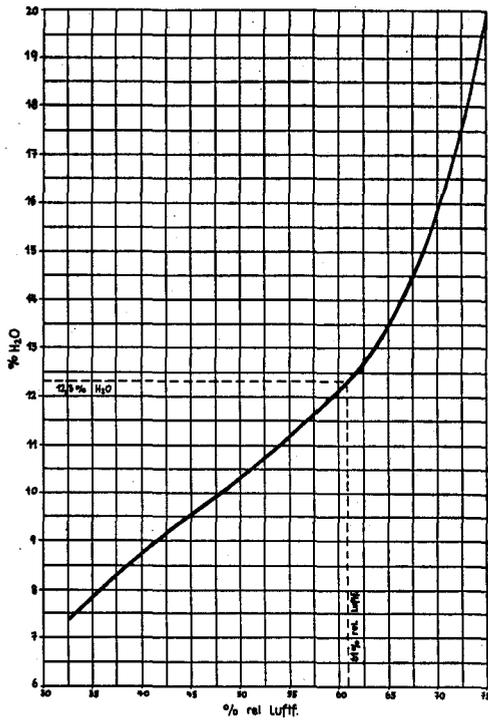


ABBILDUNG 4a  
Sorte „D“  
Original-Cigarette

ABBILDUNG 5a  
Sorte „E“  
Original-Cigarette

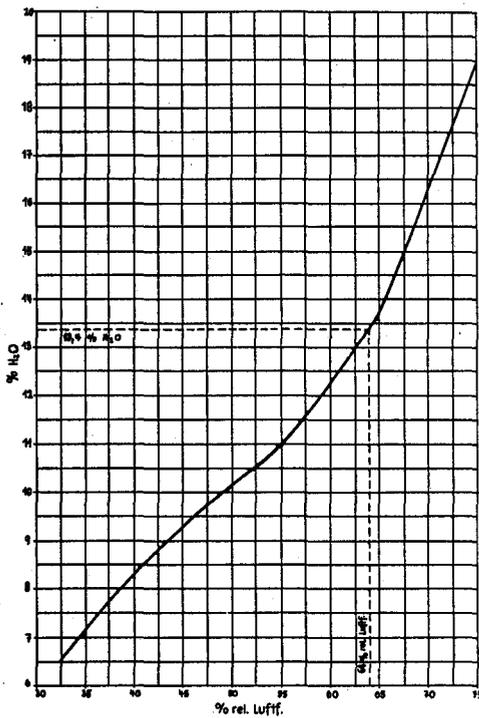
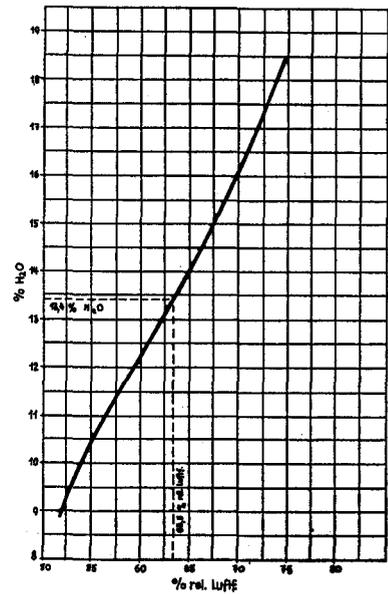
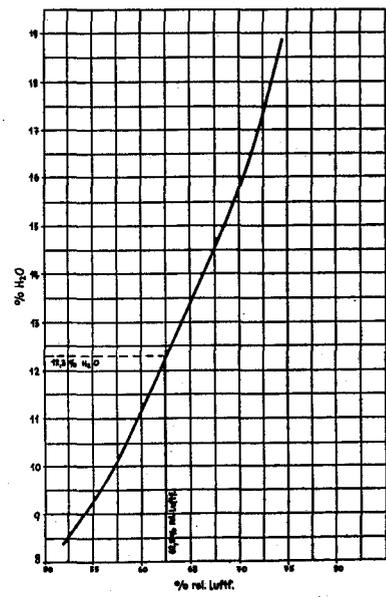
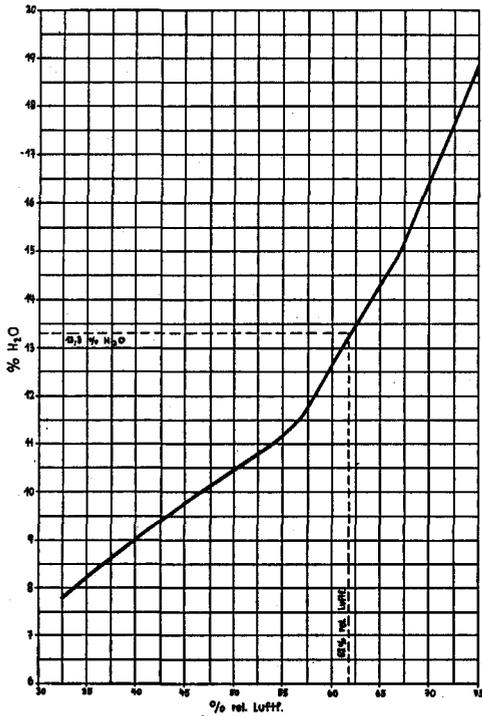


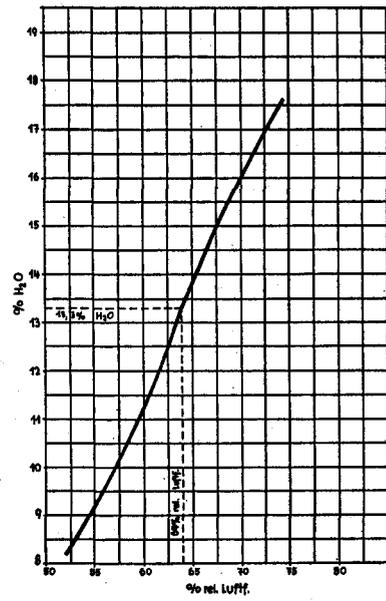
ABBILDUNG 4b  
Sorte „D“  
Cigarettenabak

ABBILDUNG 5b  
Sorte „E“  
Cigarettenabak



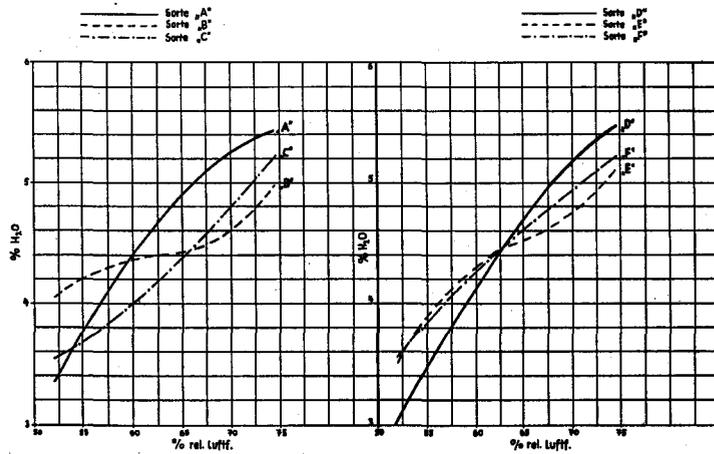


ABILDUNG 6a  
Sorte „F“  
Original-Cigarette



ABILDUNG 6b  
Sorte „F“  
Cigarettenfabak

ABILDUNG 7  
Cigarettenpapier



## ZUSAMMENFASSUNG

Für 6 Cigarettenarten sind Sorptions-Isothermen für einen speziellen Bereich aufgenommen worden. Es zeigte sich, daß die relative Luftfeuchte von 63% für Cigaretten des untersuchten Misch-, Straight-Virgin- und Orient-Typs zu empfehlen ist; Cigaretten des Maryland-Typs haben ihr Feuchtegleichgewicht zur Sollfeuchte bei etwa 72% relativer Luftfeuchte.

## SUMMARY

The equilibrium of desorption of 6 cigarette brands has been established for a certain range. It is shown that a relative air humidity of 63% is to be recommended for the tested cigarettes of the blend, straight-virginia and oriental type. Adjusting of Maryland cigarettes to the claimed humidity value is achieved at a relative air humidity of about 72%.

## RÉSUMÉ

L'équilibre d'humidité pour un certain régime a été établi pour 6 marques de cigarettes. Pour les cigarettes examinées du type Blend, Straight-Virgin et Orient l'humidité de l'air relative de 63% est recommandée. Compensation de l'humidité au valeur théorique des cigarettes du type Maryland est effectuée à une humidité relative d'environ 72%.

## LITERATUR

1. Tagungsprotokoll des II. Tabak-Kolloquiums 1960, Neuchâtel, S. 18–19, verfaßt von Dr. P. Waltz, 24. 6. 1960.
2. Hübschen, L., Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 111, S. 371, 1960.
3. Hübschen, L., Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 111, S. 406, 1960.
4. Kohlrausch, F., Praktische Physik, I, S. 242, Berlin 1944.

*Anschrift des Verfassers: Wilh. Quester Maschinenfabrik,  
Köln-Sülz, Postfach 188*