

IX. K o n f e r e n z der  
Europäischen Fleischforscher  
B u d a p e s t  
vom 4. bis 11.9.1963

Aus dem Institut  
für Fleischwirtschaft, Magdeburg  
Direktor: Dr. T h e l o e

Fortführung des elektrostatischen  
Räucherns (Rohwurst und Schinken)

D. Z a n d e r , K. M e t z

Diese Arbeit muß als unmittelbare Folge des zum VIII. Euro-  
päischen Kongreß der Fleischforschungsinstitute in Moskau vor-  
gelegten Referates von H. Hader ( † ) und E. Kuchling über das  
elektrostatische Räuchern und Infrarotgaren von Würstchen im  
kontinuierlichen Verfahren betrachtet werden.

Sie ergab sich einmal aus der dringenden Forderung des In-  
dustriezweiges nach kontinuierlich arbeitenden und leistungs-  
starken Anlagen und zum anderen aus der Überzeugung, daß nach  
den guten Erfolgen bei der Rauchbeaufschlagung auf Würstchen  
im elektrostatischen Feld sich das Verfahren auch auf die  
Räucherung von Dauerware übertragen lassen müßte.

Aus diesem Grunde wurde auch für die durchzuführenden Unter-  
suchungen die gleiche Anlage - allerdings ohne die Infrarot-  
garzone - als Versuchsobjekt wieder verwendet.

Zur Orientierung hierzu noch einmal ihre wichtigsten Daten:

Die Anlage besteht aus drei Zonen - der Vortrockenzone,  
der Rauchzone, der Nachtrocken- bzw. Stabilisierungszone -,  
dem Rauchentwickler und dem Elektrostat.

Der Transport des zu räuchernden Materials wird von Förder-  
ketten übernommen. Die Durchlaufgeschwindigkeit ist von  
0,2 bis 3,0 m/min regelbar.

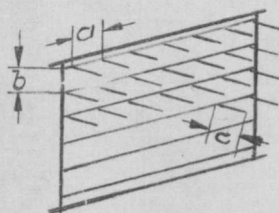
Die erste Zone - Vortrocknung - ist mit 8 UV-Strahlersätzen  
ausgerüstet, deren installierte Leistung  $8 \times 4,2 \text{ kW} = 33,6 \text{ kW}$   
beträgt

Zur Erzeugung des Rauches ist die zweite Zone mit einem Glimmrauchentwickler kombiniert, auf dessen elektrisch beheizter Glimmplatte die Sägespäne verbrennen.

Durch den Einbau eines Kontaktthermometers am Entwickler und eines Thermoelementes im Überströmkanal läßt sich die Rauchtemperatur überwachen.

Die Rauchzone selbst hat Sprühgitter von den Abmessungen

- a = 12 cm
- b = 12 cm
- c = 4 cm



- eine Anordnung, die mit den Sprühelektroden der Serienanlagen für die Räucherung von Würstchen identisch ist.

Als Hochspannungsquelle dient ein Elektrostat mit einer Leerlaufspannung von 0 - 100 kV und einer Stromabgabe von 0 - 2 mA. Auch in der Rauchzone kann die Temperatur über zwei Thermoelemente gemessen werden.

Die Nachtrocken- bzw. Stabilisierungszone läßt sich mit 4 UV-Strahlersätzen aufheizen. Die installierte Leistung beträgt  $4 \times 4,2 \text{ kW} = 16,8 \text{ kW}$ .

Zur Temperaturkontrolle sind zwei Thermoelemente eingebaut.

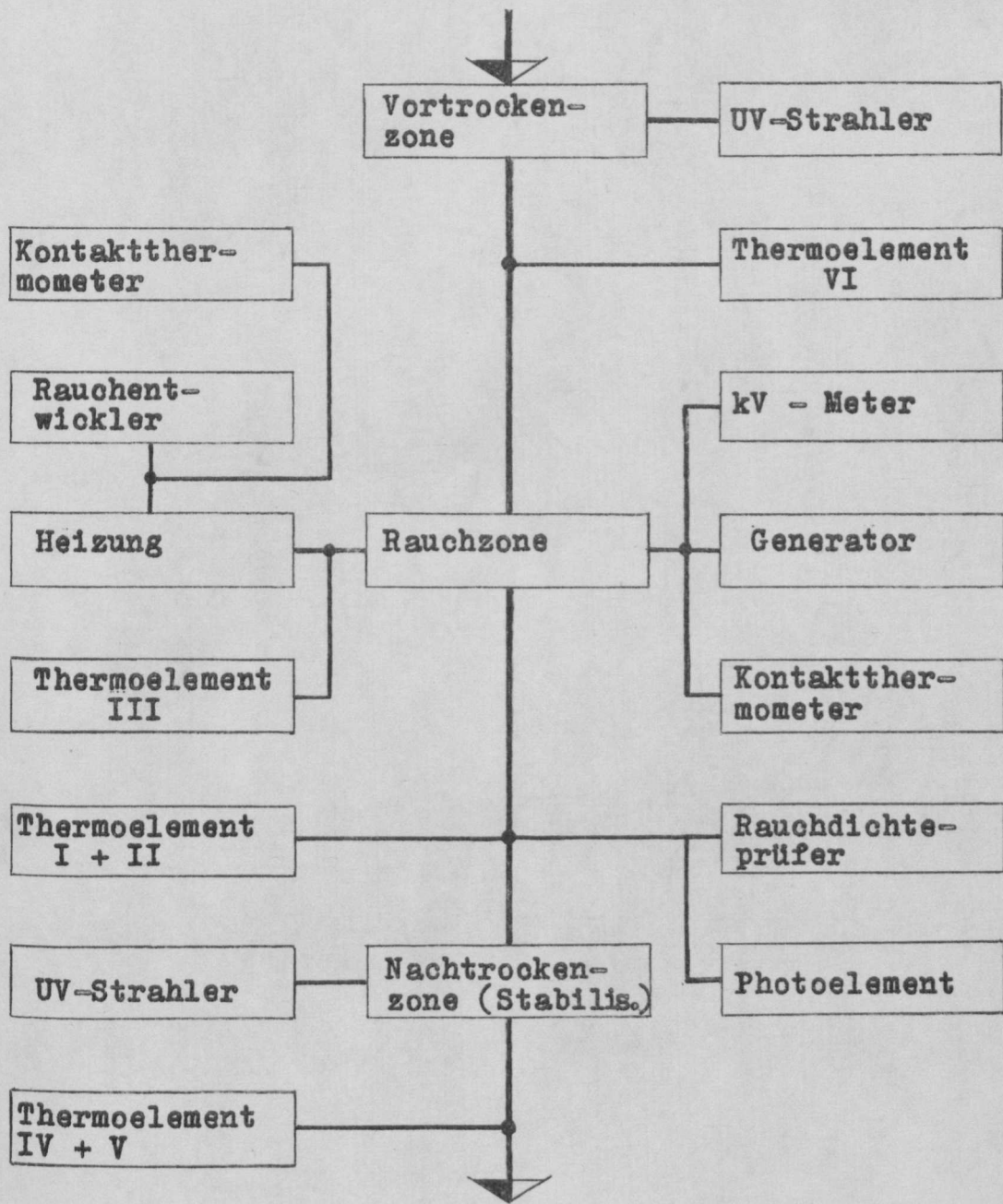


Abb. 1

Nach dem in Abb. 1 zu erkennenden Schema war die zur Verfügung stehende Versuchsanlage aufgebaut.

Mit der Aufgabe, auch für die Beaufschlagung von Rauch für Dauerware im elektrostatischen Feld Voraussetzungen zu schaffen, war die Forderung verbunden, daß die Anlage eine Leistung von 800 kg/h beinhalten sollte.

Das bedeutet, daß zur Erreichung dieser Leistung die Durchlaufgeschwindigkeit

$$v = \frac{Q \cdot a}{60 \cdot G \cdot e} = \frac{800 \cdot 0,46}{60 \cdot 0,8 \cdot 8} = 0,96 \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

betragen müßte.

- $Q \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$  = Stündliche Fördermenge
- $a \left[ \text{m} \right]$  = Abstand der Spieße
- $G \left[ \text{kg} \right]$  = Gewicht einer Wurst
- $e$  = Anzahl der Würste je Spieß

Nach einem ausgearbeiteten Schema wurden dann die experimentellen Ermittlungen durchgeführt. Zunächst waren die Abhängigkeiten der Spannung von der Räucherdauer

$$U = f(t)$$

festzustellen.

Dazu nachstehend die Systematik der Versuchsreihe:

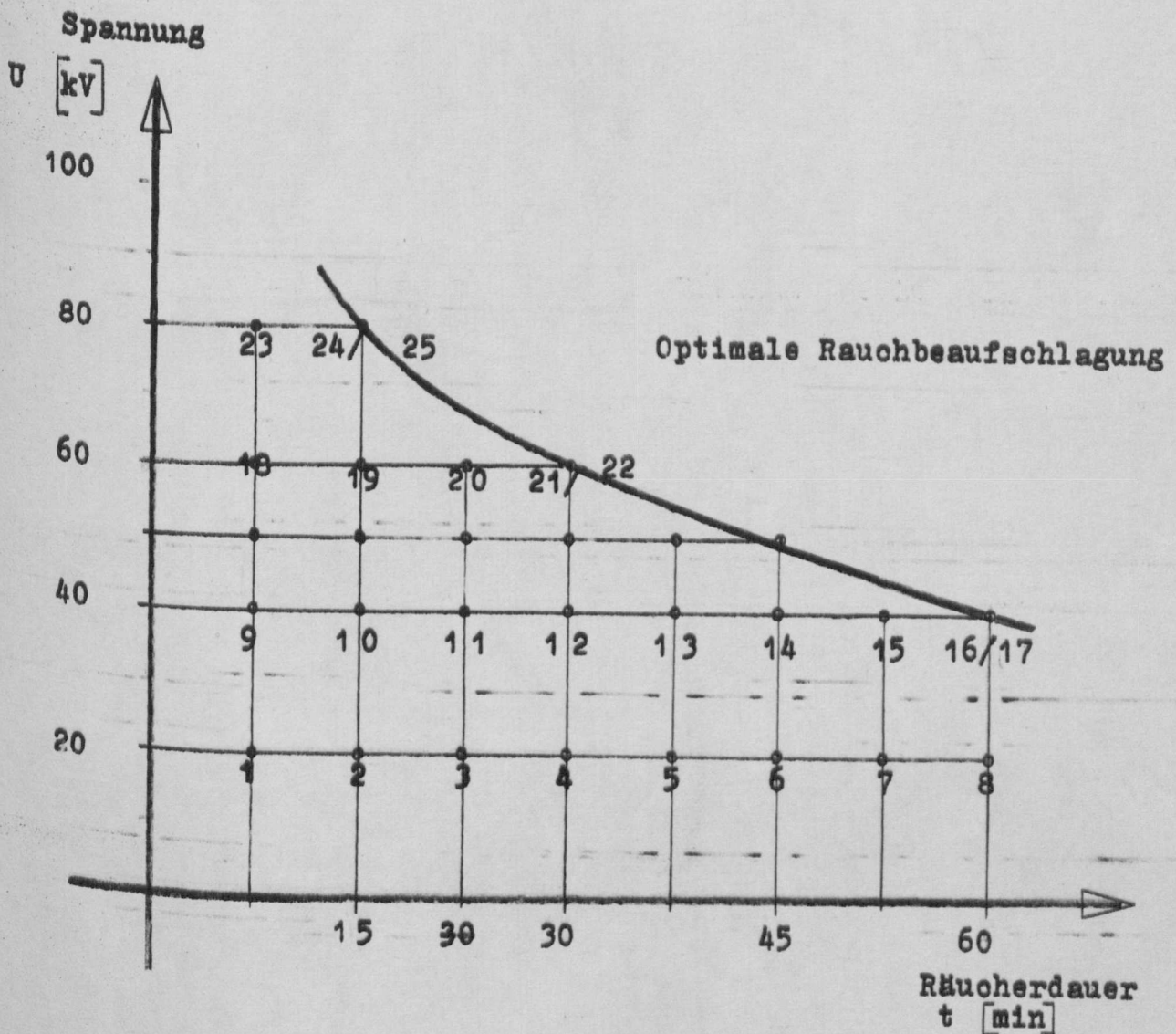


Abb. 2

Mit einer Spannung von 20 kV beginnend, wurden in regelmäßigen Zeiterhöhungen die zu räuchernden Würste der elektrostatischen Rauchbeaufschlagung ausgesetzt.

Es zeigte sich, daß die vorher beabsichtigte Vortrocknung sich als überflüssig erwies. Ein Ergebnis, das aus der physikalischen Gesetzmäßigkeit - der Rauchbeaufschlagung durch Kondensation des Rauches auf der Oberfläche der Wurst und ihrer Abhängigkeit von Temperaturgefälle - resultiert.

Es gilt:

Mit einer minimalen Temperatur der Oberfläche der Wurst und einer daraus resultierenden großen Differenz zur Rauchttemperatur wächst die Geschwindigkeit der Kondensation des Rauches auf der Oberfläche.

Die Beaufschlagung ohne Vortrocknung bei einer Spannung von 20 kV blieb ohne Erfolg. Mit dem Erreichen der Durchlaufzeit von 60 min wurden die Versuche abgebrochen, da mit dieser Zeit eine nicht vertretbare Länge der Gesamtanlage die Wirtschaftlichkeit in Frage stellte. Die Spannung wurde auf 40 kV erhöht und mit dem Versuch (9) eine neue Serie begonnen. In dieser war erstmals nach einer Räucherdauer von 30 min die gesetzte minimale Bewertungsgrenze der organoleptischen Kontrolle überschritten und nach 60 min (Versuch 16 und 17) die optimale Beaufschlagung erzielt worden.

Eine weitere Erhöhung der Spannung auf 60 kV brachte bereits mit 15 min die Grenze überschreitende und nach 30 min die optimale Beaufschlagung.

Diese Räucherdauer konnte noch einmal reduziert werden, nachdem bei einer Spannung von 80 kV schon nach 15 min (Versuch 24 und 25) eine ausreichende Rauchbeaufschlagung erzielt wurde.

Die Qualität der Ware entsprach mit der Erlangung der Höchstpunktzahl 20 den Produkten, die unter Anwendung konventioneller Räucherverfahren ca. 4 bis 5 Tage geräuchert wurden (siehe Abb. 3).

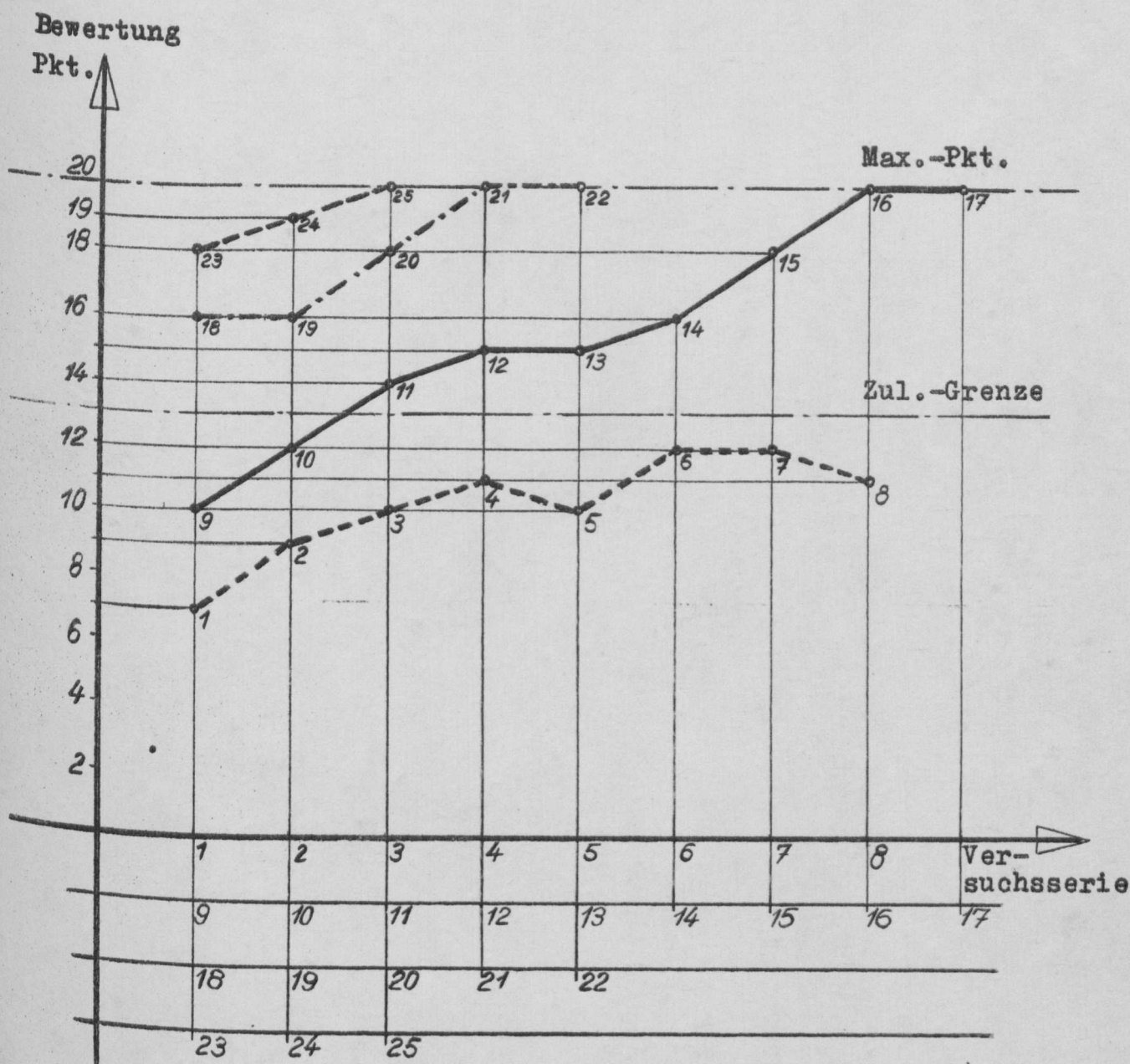


Abb. 3

Das Resultat dieser vorbeschriebenen Versuchsreihen dürfte mit der Ermittlung der minimalen Räucherdauer von 15 min bei einer Spannung von 80 kV keinesfalls als das Optimum betrachtet werden. Es war zu bedenken, daß bei einer Durchlaufgeschwindigkeit der zukünftigen Anlage von  $v = 0,96$  m/min und einer geforderten Leistung von  $Q = 800$  kg/h die Anzahl der Rauchzonen, von denen eine  $l = 2,5$  m effektiv beträgt, sich zu

$$n = \frac{\geq l}{l} = \frac{v \cdot t}{l} = \frac{0,96 \cdot 15}{2,5} = 5,76 \approx 6 \text{ [Stück]}$$

errechnet.

Mit dem Bestreben, die Anzahl zu verringern und die Durchlaufzeit herabzusetzen, wurden die Anordnungen der elektrischen Ausrüstung - insbesondere die Abmessungen der Sprühelektroden - einer nochmaligen Überprüfung unterzogen.

Die Sprühelektroden waren nach den Ausarbeitungen von KOCH (1) als Spitzen gewählt worden, da bei dieser Elektrodenanordnung, Spitze - Platte, die höchste Sprühstromdichte auftritt. Die konstruktive Ausführung ist aus der Abb. 4 zu ersehen.

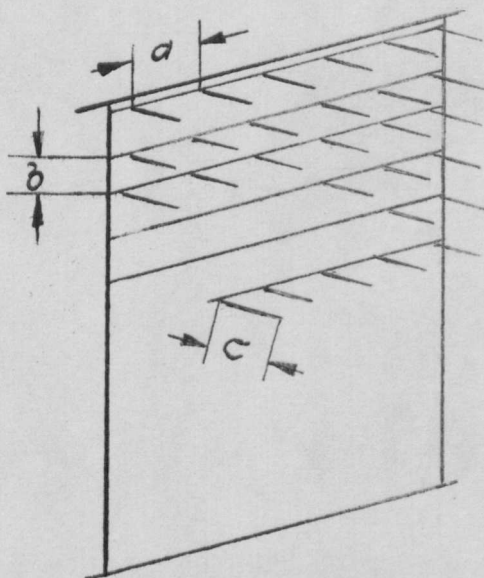


Abb. 4

Diese Ausführungen stützen sich im wesentlichen auf die Ausarbeitungen der Hochschule für Elektrotechnik in Ilmenau (2).

Nach diesen Arbeiten sind die Überprüfungen der Elektrodenanordnungen vorgenommen worden. Dabei wurde die Beaufschlagung der Rauchpartikelchen an leitend gemachten Glasplättchen gemessen. Die Durchlässigkeit des Glases bestimmte ein Pulfrich-Photometer.

Nachstehend noch das Diagramm mit den ermittelten Durchschnittswerten und den besten Resultaten (Abb. 5 und 6).

129

Gitter 1 : a = 6, b = 6, c = 5  
 Gitter 2 : a = 6, b = 12, c = 5  
 Gitter 3 : a = 12, b = 12, c = 5

Durchlässigkeit : [%]

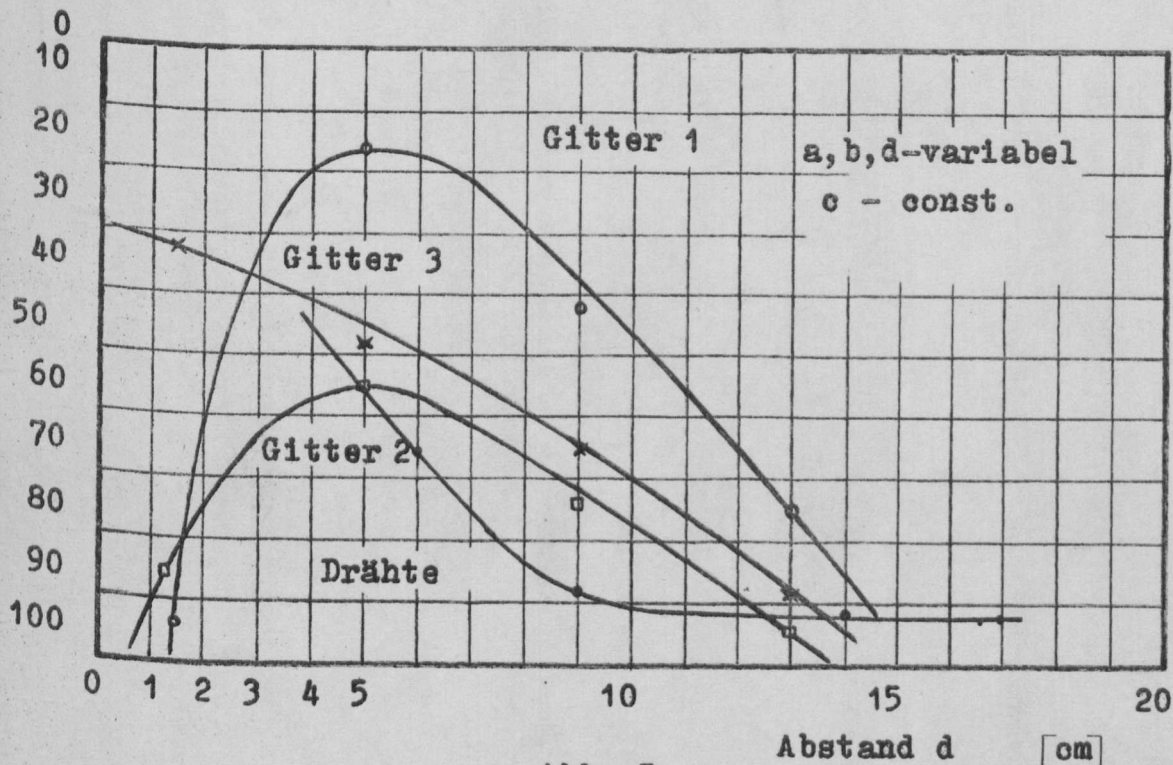


Abb. 5

Elektrodenanordnung	Durchlässigkeit $\varphi = f(d)$							
	1,5 cm		5 cm		9 cm		13 cm	
	sofort	nach 1 h	sofort	nach 1 h	sofort	nach 1 h	sofort	nach 1 h
Gitter 1	94,2	82,9	15,8	11,7	51,2	39,1	77,5	67,8
Gitter 2	86,2	77,1	53,1	49,9	74,6	67,6	94,0	82,8
Gitter 3	33,5	24,3	48,9	39,2	66,0	62,6	89,5	80,5
Drähte	64,3	59,3	88,9	82,7	90,5	82,9	92,8	83,8

Abb. 6



Mit der Festlegung, daß die Bewegungsgeschwindigkeit der Rauchtteilchen

$$v = \frac{n \cdot e \cdot E}{6 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha}$$

ist, worin

- n = Anzahl der Elementarladungen
- e = Elementarladung
- E = elektrische Feldstärke
- $\alpha$  = Zähigkeit des Mediums

bedeuten, kann man schlußfolgern, daß die beste Rauchbeaufschlagung bei der besten Ionisierung des Rauches verzeichnet wird.

Die ionisierte Wirkung der Spitzen Korona wird dabei maßgeblich bestimmt durch die dort auftretende Feldstärke, die jedoch von der Konstellation der Elektroden abhängt.

Der Abstand des Sprühgitters vom Räuchergut und die damit verbundene Änderung des Feldbildes beeinflussen das Ergebnis. Es zeigte sich, daß das Maximum des Abstandes der Elektroden in allen Anordnungen bei

$$2 \leq d \leq 6$$

lag. Ein Beweis des Einflusses der örtlich höchsten Feldstärke an den Spitzen !

Die günstigsten verwendeten Gitter hatten die Abmessungen a = 6, b = 6, c = 5 cm (vgl. Abb. 4).

Überprüfungen mit geheizten Sprühdrähten hatten keinen Erfolg, ebensowenig wie die zuvor durchgeführten Untersuchungen mit ungeheizten Sprühdrähten, die vergleichsweise in dem Diagramm (Abb. 5 und 6) mit aufgezeichnet sind.

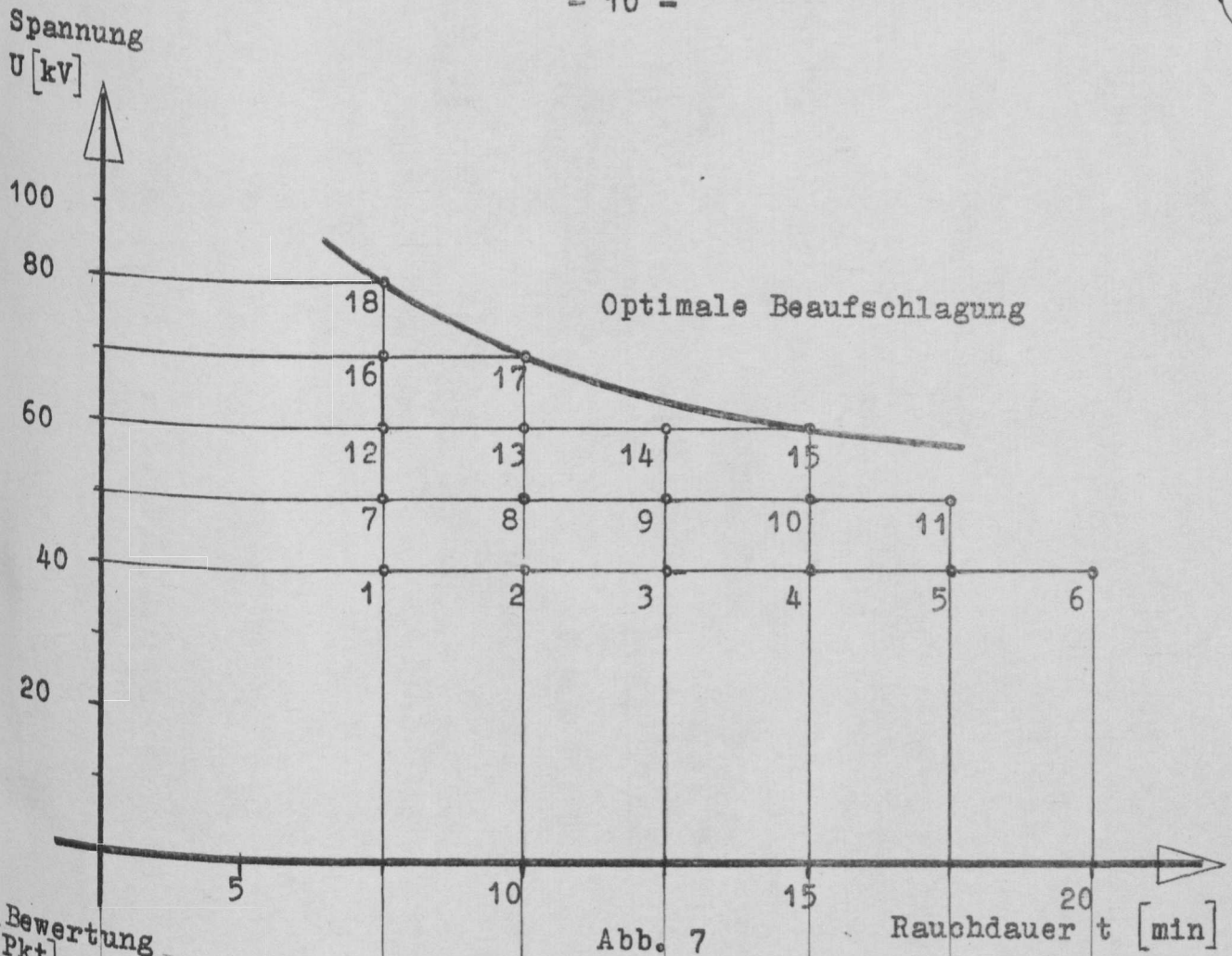


Abb. 7

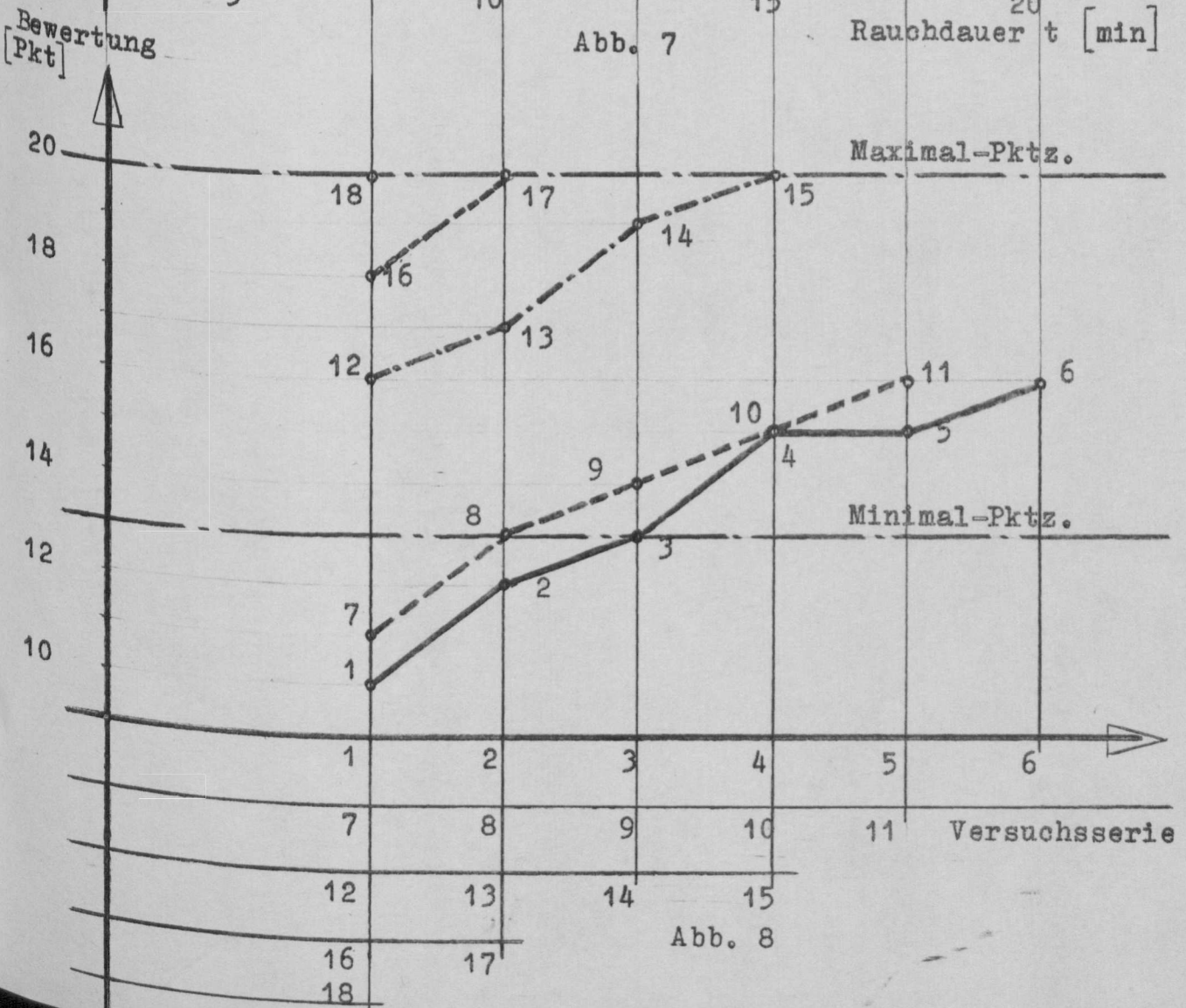


Abb. 8

Die zunächst durchgeführten Versuchsserien von 1 bis 6 hatten bei der Anwendung von 40 kV keinen sichtbaren Erfolg. Die Serie wurde mit der 20 minutigen Einwirkzeit abgebrochen und durch eine neue Serie bei 60 kV-Spannung fortgesetzt (s. Abb. 7).

Bereits mit 7,5 min Räucherdauer gab es eine zufriedenstellende Bewertung durch den Gutachterausschuß. Der letzte Versuch dieser Serie ergab die höchstmögliche Punktzahl (s. Abb. 8).

Die erforderliche Einwirkzeit reduzierte sich bei Erhöhung der Spannung auf 10 min und bei einem weiteren Anstieg auf 80 kV auf 7,5 min. Mit dieser Zeit wurde die Untersuchungsserie beendet. Das zuvor gesteckte Ziel der Reduzierung der Durchlaufzeit bei der Räucherung von Dauerware war erreicht.

#### Literaturverzeichnis:

1. Koch, E.  
Stromdichtemessungen an verschiedenen Elektronenanordnungen  
Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau  
Institut für Hochspannungstechnik
- 2.1 Müller, A.  
Ermittlung günstiger Parameter von Rauchgasen für die elektrostatische Räucherung  
Hochschule für Elektrotechnik, Ilmenau  
Institut für Hochspannungstechnik
- 2.2 Breywisch, P.  
Untersuchungen über elektrostatisches Fischräuchern mit Sprühdrahten  
Hochschule für Elektrotechnik, Ilmenau  
Institut für Hochspannungstechnik

### Zusammenfassung

Zu untersuchen war das Verhalten von frischer und von Dauerware bei der Rauchbeaufschlagung im elektrostatischen Feld. Die mit der zur Verfügung stehenden elektrostatischen Räucheranlage durchgeführten Überprüfungen lassen sich im Ergebnis wie folgt zusammenfassen:

- a) Bei Verwendung von Spitzengittern als Sprühelektroden mit den Abmessungen  $a = 6$  cm,  $b = 6$  cm,  $c = 5$  cm wird die günstigste Bedingung im Bereich der Spannung von 80 kV und einer Dauer von 7,5 min erreicht.

Dabei bedeuten "a" und "b" die Abstände der Sprühspitzen in horizontaler und vertikaler Richtung und "c" die Länge der Sprühspitze.

- b) Die in den experimentellen Untersuchungen verwendeten Darmhüllen, wie Rindermitteldarm, Schweinesfettenden und Kunstdärme, wiesen keine Unterschiede bei der Beaufschlagung auf.

- c) Es wurden je Versuch an Dauerwurst Salami, Zervelatwurst, Braunschweiger fein und an Dauerware Schinken (roh), Speck (mager) und Speck (fett) in ihrem Verhalten zur elektrostatischen Rauchbeaufschlagung verglichen.

Abweichungen in den Beaufschlagungen waren nicht erkennbar.

### Summary

The behaviour of both fresh and durable meat products to smoke admission in the electrostatic field was studied. The results of examinations carried out with the available electrostatic fumigator can be summarized as follows:

- a) By application of point grids with the dimensions  $a = 6$  cm,  $b = 6$  cm, and  $c = 5$  cm as corona electrodes, the most favorable conditions are obtained at a 80 kV-voltage and a period of 7,5 min. Thereby, "a" and "b" signify the distances of the corona points in horizontal and vertical direction, and "c" signifies the length of the corona point.

- b) The sausage casings used at the experimental studies - bovine, hog, and artificial casings - showed no differences in the admission.
- c) In all tests, the sausage types "Salami", "Zervelatwurst", and "Braunschweiger fine" and the durable meat products "ham (raw)", "bacon (lean)", and "bacon (fat)" were compared in regard to their behaviour to electrostatic smoke admission. Differences in the admission couldn't be detected.

Résumé

Recherche pour approfondir les resultats de fumer des produits fumés entre électrodes chargé du courant continu de haut tension. Le grill d'électrode exige par experience des mesures suivant:

- distance quadrilatère entre électrode 6 cm
- longueur d'aiguille 5 cm
- le meilleur resultat on a reussis avec une tension de 80 kV pendant 7,5 min

Les boyaux differents appliquer à robe aux experience ne montier aucune différence en cas d'adsorption de la fumée.

Les essais fait avec salami, cervelas, saucisson Braunschweiger fein, jambon cru, du lard maigre et gras pour voir l'effet du fumoir elektrostatique sont bien satisfaisant.

Le fumage de ces divers produits n'était pas divergent.

### ВЫВОДЫ

Исследовались изменения колбасных изделий разных видов при копчении в электростатическом поле. На основании результатов, полученных на имеющейся опытной установке, можно сделать следующие выводы:

- а) в случае применения в качестве коронирующего электрода решеток с острыми шипами, оптимальный режим достигается при напряжении 80 кв и пребывании продукта в копильной зоне в течение 7,5 минут; решетки имеют следующие размеры: расстояние между рядами шипов - 6 см, расстояние между шипами в рядах - 6 см, длина шипов - 5 см;
- б) изменения степени копчения в зависимости от вида оболочки (говяжьего круга, свиной гузенки или искусственной оболочки), при данных условиях опыта не наблюдались;
- в) в пределах каждого опыта сравнивали достигаемую степень копчения в электростатическом поле следующих изделий: салами, цервелат, брауншвейгская колбаса, окорок, шпик с мясными прослойками и шпик высшего сорта; разницы эффекта копчения в зависимости от вида изделий не наблюдались.