



Doctoral Thesis

## Untersuchungen über den Mechanismus der Elektrete

**Author(s):**

Antenen, Karl

**Publication Date:**

1956

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000092368> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 2495

# Untersuchungen über den Mechanismus der Elektrete

VON DER  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH  
ZUR ERLANGUNG DER  
WÜRDE EINES DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN  
GENEHMIGTE  
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

**Karl Antenen**

dipl. Naturwissenschaftler  
von Orpund (BE)

Referent: Herr Prof. E. Baumann

Korreferent: Herr Prof. Dr. P. Scherrer



Zürich 1956   Dissertationsdruckerei Leemann AG

niedrigeren Temperatur anzupassen und die Randfeldstärke zu verringern. Bei Paraffin + 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Mg-Oleat sind von  $10 \cdot 10^{-8}$  Clb bei Zimmertemperatur noch  $6 \cdot 10^{-8}$  Clb vorhanden (Abkühlungsdauer von 50° C bis Zimmertemperatur 90 min), bei 1% von  $13 \cdot 10^{-8}$  Clb nur noch  $7,5 \cdot 10^{-8}$  Clb. Wenn sich auch die Wärmeleitfähigkeit eines gegebenen Paraffins nicht verbessern läßt, so läßt sich doch der Einfrierprozeß vielleicht dadurch beschleunigen, daß man anfänglich etwas unter die Zimmertemperatur abkühlt.

### *Deutung*

Der wesentliche Zweck der mit Paraffin unternommenen Versuche lag darin, zu zeigen, daß sich aus unpolaren Substanzen mit geringen Beimengungen Elektrete ebenso gut erzeugen lassen wie mit polaren Substanzen. Wollte man hier den Effekt orientierten Dipolen zuordnen, so müßte man Mg-Oleat eine statische DK von mindestens 10000 zuerkennen.

Eine strenge quantitative Analyse würde wieder Potentialmessungen voraussetzen.

Es fällt auf, daß Anoden- und Kathodenladung praktisch gleich groß sind. Dies ist (nach unseren Anschauungen) nur dann der Fall, wenn die Feldverteilung symmetrisch ist, und dies tritt nur bei gleichen Beweglichkeiten von Anion und Kation auf. Es ist also sehr unwahrscheinlich, daß kleine Magnesiumionen neben großen Oleationen vorliegen, sondern sowohl Anion wie Kation werden komplex und annähernd gleich groß sein.

Wir können zwar den Verlauf der Kurven  $j_{stat.} = f(c)$  ( $c$  = Konzentration von Mg-Oleat) und  $Q_{max} = f(c)$  auf Grund der vorliegenden Messungen nicht streng begründen. Über den Quotienten  $j_{stat.}/Q_{max}$  läßt sich aber folgendes aussagen:

$$\frac{j_{stat.}}{Q_{max}} = k \frac{2b n_0 E_m}{E_0} = k \cdot 2b \cdot \frac{1}{\sqrt{\beta}} \cdot n_0$$

$j_{stat.}/Q_{max}$  muß also mit der Ionenzahl — und damit mit dem Mg-Oleatgehalt — zunehmen, was tatsächlich der Fall ist.

$j_{stat.}$  selber steigt an zwischen  $\sqrt{c}$  und  $c$  (wie übrigens auch  $j_{Anfang}$ ).

Bei den Entladeströmen sieht man, daß die Relaxationszeiten nach einer Minute für Beimengungen von 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> bis zu 3% nicht wesentlich verschieden sind. Daraus folgt, daß für höhere Ionenzahlen die Polarisationskapazität größer wird (d. h. die Raumladungsschicht wird dünner). Ihre Dicke beträgt auch hier Zehntelmillimeter.

## V. Zusammenfassung und Ausblick

1. Es wurde die Potentialverteilung in Carnaubawachs bei Anlegen eines äußeren Feldes studiert. Die Randfeldstärke ist im stationären Zustande

wesentlich größer als die (mittlere) angelegte Feldstärke. Das Verhältnis der Randfeldstärke zu der angelegten Feldstärke ist um so größer, je höher die Temperatur ist.

Die auf die Dielektrikumsoberfläche extrapolierte Feldstärke, multipliziert mit der DK, ergibt die Verschiebung im Spalt, und mit dieser Verschiebung erhält man den Wert der auf den Elektroden gemessenen Ladung recht genau.

Daraus wird der Schluß gezogen, daß die Heterocharge nicht durch orientierte Dipole, sondern durch im Felde gewanderte Ionen erklärt werden muß.

Der stationäre Zustand wird quantitativ auf die Ionenkonstanten zurückgeführt. Er läßt sich nicht erklären durch ein Gleichgewicht zwischen Feld- und Diffusionswirkung am Rande (*Jaffé*), da die Polarisationschicht viel zu dick ist, was auf einen größenordnungsmäßig falschen (d. h. der Einstein-Relation nicht genügenden) Quotienten  $D/b$  führt. Dagegen gelangt man zu vernünftigen Größen der Ionenkonstanten, wenn man den stationären Zustand als eine Wechselwirkung zwischen Wanderung im Felde, Ionenentstehung und Rekombination auffaßt, womit man bisher Potentialverteilungen in Gasen und Flüssigkeiten deutete. Wir sind der Auffassung, daß die meisten bisher beobachteten (größenordnungsmäßigen) Unstimmigkeiten des Experimentes mit der Theorie (*Jaffé*, *Rojanski*, *Hochberg* etc.) auf ähnliche Effekte zurückzuführen sind.

Durch Verminderung der Leitfähigkeit (Verringerung der Ionenzahl) wird der Potentialverlauf linearer und die Influenzladung geringer.

Die angegebenen Randfeldstärken (10000 V/cm bei 70°C) sind als Mittelwerte über die gesamte Oberfläche aufzufassen. Da zwischen Dielektrikum und Elektrode ein Leitungsstrom fließt, muß angenommen werden, daß an einzelnen Stellen die Feldstärke wesentlich höher ist (siehe dazu auch *Binder* [3]).

Das logarithmisch aufgetragene Stromzeitdiagramm ( $\log J = f(t)$ ) zeigt, jedenfalls bei höherer Temperatur (70°C), nach kurzer Zeit einen geraden Verlauf. Der Begriff der „Polarisationskapazität“ behält also auch hier seinen Sinn.

Potentialmessungen, während des Einfrierprozesses und nachher gemeinsam mit Ladungsmessungen ausgeführt, erweisen die Tatsache, daß die Potentialdifferenzen im Innern rascher abklingen als die Randfeldstärke. Dies kommt einem Hinauswandern des Ladungsschwerpunktes gleich. Es kann also nur die Ladung unmittelbar in der Nachbarschaft der Elektroden für den Elektret-Effekt verantwortlich sein. Bei dem hohen Innenwiderstand und der großen Kapazität einer dünnen Randschicht gegen die anliegende Elektrode ergeben sich Relaxationszeiten von Jahren, evtl. von Jahrzehnten mühelos. Auch die Tatsache, daß die Homocharge (nach *Groß* eine ionale Oberflächenladung) bei gleichzeitiger Anwesenheit von Heterocharge langsamer abklingt als diese, folgt daraus ohne weiteres.

2. Um Elektrete mit Heterocharge herzustellen, müßte es also genügen,

einem unpolaren Medium Ionen beizufügen. Man müßte dabei folgende Gesichtspunkte berücksichtigen:

a) Die Proben müssen bei Zimmertemperatur eine möglichst geringe Leitfähigkeit haben ( $< 10^{16} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

b) Nach der Theorie von *Jaffé* wird eine Diffusionsschicht mit einem Diffusionskoeffizienten von  $10^{-9} \text{cm}^2/\text{sek}$  durch Diffusion in  $\sim 1$  Jahr verschwinden. Der Diffusionskoeffizient dürfte also für die Herstellung von Elektreten jedenfalls nicht größer sein als dieser Wert, die Ionenbeweglichkeit (nach *Einstein*) nicht größer als  $10^{-8} \text{cm}^2/\text{V sek}$ . bei Zimmertemperatur. Dies bedeutet, daß die Substanz um so zäher sein muß, je kleiner die Ionen sind, was den immer anzutreffenden Hinweis erklärt, mit Vorteil seinen höher schmelzende Substanzen zu verwenden.

c) Es versteht sich von selbst, daß die in Luft erreichbaren Randfeldstärken und damit die Elektrodenladung begrenzt sind. Um höhere Feldstärken verwenden zu können, müßte der Elektret im Hochvakuum aufbewahrt werden.

3. Es wurden Elektrete aus Paraffin (Smp.  $90^\circ \text{C}$ ) mit beigemengten Ionen hergestellt. Um hier eine Dipoltheorie aufrecht erhalten zu können, müßte man die Annahme treffen, daß die Beimengung (Magnesiumoleat) eine statische DK von 10000 haben könnte.

4. Die Vorgänge, welche einen Einfluß auf Größe und Relaxationszeit der Ladung haben, sind zahlreich und verwickelt. Es bedürfte also weiterer systematischer Experimente mit Substanzen, von welchen man die Art und Menge der Verunreinigungen genau kennt.

Eine Theorie, die erlauben würde, schon aus den Strömen auf die Ladungsverteilung im Innern zu schließen, wäre ebenfalls sehr erwünscht.