

rie entnehmen, daß nämlich Partikel von $0,3 \mu$ Radius und größere hauptsächlich durch ihre Trägheit abgeschieden werden.

Aus $\psi = 1210 r^2 v_0/d_f$ (Abschn. I d) rechnet man mit $\psi_p = 0,04$ und den Versuchsdaten einen Faserdurchmesser von $0,47 \mu$ aus. v_m geht aus der Kurve zu ungenau hervor, so daß keine sinnvolle Rechnung anzuschließen ist. Trotz der in sehr weiten Grenzen innerhalb des Filters variierenden Faserdicke ist die Übereinstimmung beider d_f -Werte recht gut, da ja im wesentlichen die dünnsten Fasern die Nebeltröpfchen auffangen (gemäß $\sim 1/d_f$). Der linke, in Abb. 6 noch einmal linear herausgezeichnete Teil der Abb. 4 paßt in das Schema von Ramskill.

Der Anstieg nach höheren Geschwindigkeiten ist sehr schwach; er wurde bisher in der Literatur nicht erwähnt. Es ist möglich, daß in diesem Bereich der Schlupf an den dünnen Fasern eine größere Bedeutung gewinnt, oder daß einfach das Maximum für die dicken Fasern kommt. Im zweiten Fall würde man allerdings kein Ansteigen über das erste Maxi-

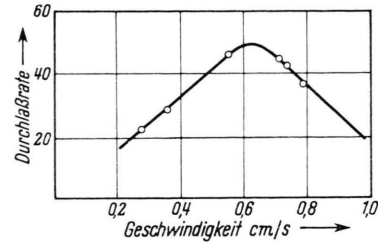


Abb. 6. Durchlaßrate-Geschwindigkeits-Kurve, Ausschnitt aus Abb. 4 mit linearer Abszisse.

mum hinaus erwarten, da ja die meisten Teilchen an den dünnen Fasern haften sollten (s. o.). Beide Erklärungen erfordern ein Wiederabfallen der Kurve zu noch höheren Geschwindigkeiten hin. Schließlich wird darauf hingewiesen, daß wohl das Experiment eine Realität zeigt, die für beschränkte Bereiche sicherlich brauchbare Theorie aber hier vielleicht überfordert wird.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Herrn Bundesminister für Atomkernenergie danken wir für die gewährten Mittel.

Bemerkungen zur elektronenmikroskopischen Dickenmessung von Kohleschichten*

Von W. LIPPERT

Aus dem Max-Planck-Institut für Biophysik, Frankfurt/Main
(Direktor: Professor Dr. Dr. Dr. B. RAJEWSKY)

(Z. Naturforsch. **17 b**, 335—339 [1962]; eingegangen am 23. September 1961)

Die von verschiedenen Autoren²⁻⁸ experimentell bestimmten Kontrastdicken für Kohle stimmen nicht mit den heute oft benutzten numerischen Werten aus der Lenzschen Theorie überein. Die Diskrepanz läßt sich beheben, wenn man zur Auswertung der Theorie einen anderen, schon von LENZ zur Diskussion gestellten Θ -Wert benutzt. Durch Experimente wird gezeigt, daß auch der Bereich, in dem das Exponentialgesetz nicht mehr gilt, gut durch eine aus der Lenzschen Theorie hergeleitete Formel dargestellt werden kann. Der Bereich, in dem das Exponentialgesetz verwandt werden darf, wird näher diskutiert.

Die Methode der elektronenmikroskopischen Dickenmessung wird bekanntlich schon seit längerer Zeit diskutiert. Trotzdem besitzen wir heute noch keine allgemein anerkannten Werte für die zu verwendende Eichkonstante (den Wirkungsquerschnitt bzw. das Reziproke davon, die Kontrastdicke). Die

Ursache ist einmal darin zu suchen, daß die Eichkonstante von der Objektivapertur und der Strahlspannung abhängt, und also die von verschiedenen Autoren bei verschiedener Strahlspannung und Apertur ermittelten Werte nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar sind. Zum anderen ist es bei

* Gewidmet Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. B. RAJEWSKY zum 25-jährigen Bestehen des „Max-Planck-Instituts für Biophysik“.

¹ F. LENZ, Z. Naturforsch. **9 a**, 185 [1954].

² J. H. COUPLAND, Proc. phys. Soc. Sect. **B 69**, 642 [1956].

³ R. A. HAEFER, Optik **17**, 213 [1960].

⁴ C. E. HALL u. T. INOUE, J. appl. Physics **28**, 1346 [1957].

⁵ T. KOMODA, nach einer Zusammenstellung von J. KAMIYA, in: J. phys. Soc. Japan **13**, 1144 [1958].

⁶ S. LEISEGANG, Hdbch. d. Physik **33**, S. 500/1, 1956.

⁷ W. LIPPERT, Optik **13**, 506 [1956]; Z. Naturforsch. **13 a**, 1089 [1958].

⁸ L. REIMER, Z. Naturforsch. **14 b**, 566 [1959].

den experimentellen Arbeiten heute oft üblich, die Resultate mit den von LENZ auf Grund theoretischer Überlegungen angegebenen Werten zu vergleichen. Je nach dem bei der Anwendung der Lenzschen Theorie benutzten Grad der Näherung und den experimentellen Resultaten gibt es Autoren, die eine mehr oder weniger gute Übereinstimmung mit den Lenzschen Werten feststellen und solche, die auf eine größere Diskrepanz hinweisen.

Es ist das Ziel dieser Untersuchung, mit Hilfe eines aus der Lenzschen Theorie abgeleiteten Reduktionsverfahrens die gute Übereinstimmung der Resultate verschiedener Autoren bei Kohleschichten zu zeigen und den Unterschied zwischen den experimentell gewonnenen Zahlen und den Lenzschen Werten durch eine nahe liegende Abwandlung der Lenzschen Werte zu beseitigen.

Die elektronenmikroskopische Dickenmessung beruht bekanntlich auf einer Beziehung zwischen dem Kontrast und der Massendicke. Für nicht zu große Massendicken gilt ein auch experimentell bestätigtes Gesetz der Art

$$I/I_0 = D = e^{-\frac{x}{x_k}} \quad \text{oder} \quad K = -\ln D = \frac{x}{x_k} \quad (1)$$

Dabei bedeutet x die Massendicke der Schicht, x_k die Kontrastdicke, I/I_0 das Verhältnis der im Bild der Schicht gemessenen Stromdichte zu derjenigen ohne Schicht und K den Kontrast. x_k hängt von der Strahlspannung und der Objektivapertur ab. Die Theorie von Lenz ergibt:

$$\frac{x_a}{x_k} = \frac{4}{Z} \left(\frac{Z-1}{4(1+\varphi^2)} + \ln \frac{\sqrt{1+\varphi^2}}{\varphi} \right) \quad (2)$$

Für größere Massendicken führt die Theorie zu der Beziehung:

$$D = \int_0^\infty y^{-\frac{4x}{Z \cdot x_a}} \cdot e^{-\frac{2x}{x_a \cdot Z} \left\{ \frac{Z-1}{2} (1 + \pi/2 y H_1^1(iy)) + \pi i H_0^1(iy) + 2 \ln \gamma/2 \right\}} \cdot I_1(y \varphi) \cdot \varphi \, dy \quad (3)$$

x_a ist die Aufhellungsdicke, $\varphi = \vartheta/\vartheta_0$ das Verhältnis der Objektivapertur ϑ zu einem charakteristischen Winkel ϑ_0 . Weiter bedeuten: Z die Ordnungszahl der untersuchten Substanz, H_0^1 und H_1^1 die Hankelschen Funktionen, I_1 die Bessel-Funktion und γ die Eulersche Konstante. Die Spannungsabhängigkeit von x_k ist durch die Spannungsabhängigkeit von x_a und ϑ_0 gegeben.

Für x_a und ϑ_0 liefert die Lenzsche Theorie die in Tab. 1, Spalte 2 und 3 angegebenen Werte.

| Strahlspannung U [keV] | berechnet mit Θ_H | | berechnet mit Θ_S | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | ϑ_0 | $[\mu\text{g}/\text{cm}^2]x_a$ | ϑ_0 | $[\mu\text{g}/\text{cm}^2]x_a$ |
| 40 | 0,0266 | 9,1 | 0,0392 | 19,75 |
| 54 | 0,0238 | 11,1 | 0,0351 | 24,1 |
| 60 | 0,0216 | 12,9 | 0,0318 | 27,8 |
| 80 | 0,0185 | 16,3 | 0,0272 | 35,4 |
| 100 | 0,0164 | 19,6 | 0,0242 | 42,5 |
| 150 | 0,0131 | 26,0 | 0,0193 | 56,4 |

Tab. 1. Aufhellungsdicke und charakteristischer Winkel als Funktion der Strahlspannung berechnet mit Θ_H und Θ_S (s. Text).

Setzt man die Gültigkeit der Lenzschen Theorie voraus, so läßt sich x_k mit Hilfe von Formel (2) und den Zahlen aus Tab. 1 für jede gewünschte Strahlspannung und Apertur ermitteln. Kennt man umgekehrt aus Messungen x_k für eine bestimmte Spannung und Apertur, so lassen sich mit Hilfe der Tab. 1 Wertepaare $(x_a/x_k, \vartheta/\vartheta_0)$ bilden, die nach den Vorstellungen der Theorie nicht von der Spannung abhängen. Sie sollen außerdem die Beziehung (2) erfüllen.

Wir haben die experimentellen Werte aus sieben Arbeiten²⁻⁸ auf diese Art ausgewertet, und die Wertepaare in Abb. 1 (nicht umrandete Punkte) dargestellt und auch die aus Gl. (2) folgende Kurve eingetragen. Bei den Arbeiten wurden Mikroskope verschiedener Bauart verwandt. Die Strahlspannungen lagen zwischen 40 und 150 kV. Auch die untersuchten Folien waren auf verschiedene Art hergestellt. Neben Formvarfolien wurden z. B. solche,

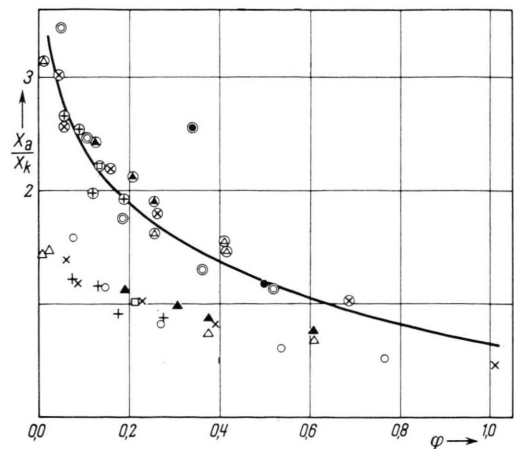


Abb. 1. Vergleich der experimentellen Werte von x_a/x_k mit der Theorie (ausgezogene Kurve). \circ Werte nach COUPLAND², \bullet HAEFER³, $+$ HALL und INOUE⁴, \times KOMODA⁵, \triangle LEISEGANG⁶, \blacktriangle LIPPERT⁷, \square REIMER⁸, nicht umrandet: berechnet mit Θ_H , umrandet: berechnet mit Θ_S .

die durch Graphitverdampfung hergestellt waren, benutzt. In einem Falle⁴ wurden Polystyrol-Latex-Kügelchen zur Kontrastmessung verwandt. Es fällt auf, daß die experimentellen Werte trotz der verschiedenen Versuchsbedingungen bis auf den Wert nach HAEFER³ sehr gut untereinander übereinstimmen. Die vorhandene Streuung dürfte von der Größenordnung der experimentellen Fehler sein. Dagegen zeigen die experimentellen Werte eine deutliche Abweichung zu der von der Theorie geforderten Kurve.

Der Unterschied zwischen Theorie und Experiment könnte einmal von einem systematischen Fehler bei den Experimenten herrühren. Es ist zwar wohl sehr unwahrscheinlich, daß ein solcher systematischer Fehler bei allen Arbeiten auch noch annähernd in gleicher Größe auftritt. Trotzdem ist dieser Fall zunächst nicht ganz von der Hand zu weisen. Die Differenz zwischen experimentellen Werten und theoretischer Kurve kann in diesem Sinne in erster Näherung so beschrieben werden, daß die experimentell ermittelten x_k -Werte ungefähr um den Faktor 2 zu groß sind. x_k wird sich dann zu groß ergeben, wenn die Massendicken der Eichfolien zu groß angesetzt wurden. Nun sind in dieser Richtung zwei Einflüsse denkbar: Die Dicken oder Massendicken werden fast ausschließlich in Luft bestimmt. Kohleschichten neigen zur Anlagerung von Gasen und es ist wahrscheinlich, daß sich diese Gase bei der Dickenbestimmung bemerkbar machen. Im Elektronenmikroskop dürften diese Gasschichten bei Elektronenbestrahlung aber in kurzer Zeit entfernt sein. Bei Kunststoffschichten, z. B. aus Formvar, weiß man andererseits, daß sie im Elektronenmikroskop einen Massendickenverlust erleiden. Im ungünstigsten Falle dürften diese Massendickenverluste aber nicht größer als 30% sein. Diese Effekte reichen also nicht aus, um den Unterschied zwischen Theorie und Experiment zu erklären.

Die für die Elektronenmikroskopie interessanten kleinen Ablenkwinkel der Elektronen kommen bekanntlich dann zustande, wenn — klassisch gesehen — die Elektronen mit relativ großen Zielabständen an den streuenden Teilchen vorbeifliegen. Die dort vorhandenen Felder können nun stärkere Störungen, z. B. durch Hüllelektronen und Nachbaratome, erleiden als die Felder in unmittelbarer Nähe des streuenden Teilchens. In der Lenzschen Theorie machen sich diese Felder z. B. in einer Größe Θ bemerkbar. Die Aufhellungsdicke und der charak-

teristische Winkel sind Funktionen von Θ . LENZ zeigt, daß sich Θ je nach der Annahme über den Feldverlauf in großem Abstand vom Kern um ungefähr eine Größenordnung ändern kann. Er stellt an sich ein Θ_H , das aus dem Hartree-Feld und ein Θ_S , das mit Hilfe der diamagnetischen Suszeptibilität ermittelt wurde, zur Diskussion, verwendet aber für seine numerischen Auswertungen nur Θ_H . Nur diese Werte werden heute in der Literatur, wenn die Lenzsche Theorie z. B. zu Vergleichen herangezogen wird, benutzt. Wir haben nun die Aufhellungsdicke und den charakteristischen Winkel auch unter Benutzung von Θ_S berechnet (Tab. 1, Spalte 4 und 5). Verwendet man diese Zahlen zur Auswertung der schon oben zitierten Arbeiten, so zeigt sich, daß jetzt bis auf den Wert nach HAEFER³ eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Experiment (Abb. 2, umrandete Punkte) und Theorie vorhanden ist.

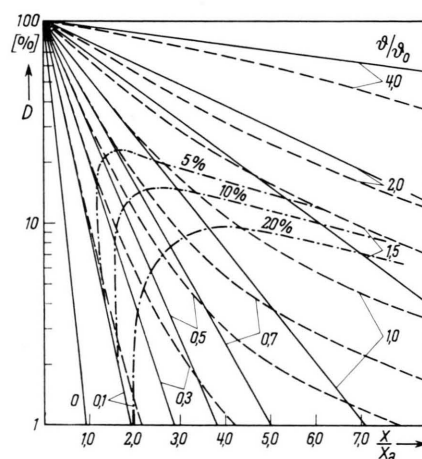


Abb. 2. Abhängigkeit der elektronenmikroskopischen Durchlässigkeit von der relativen Massendicke x/x_a für verschiedene relative Aperturwinkel ϑ/ϑ_0 . Ausgezogen nach Gl. (1) (Näherung), gestrichelt nach (3) (exakte Werte), strichpunktiert: Differenz zwischen der Näherung und den exakten Werten, bezogen auf die Näherung.

Es schien uns nun noch von Interesse, auch den Bereich größerer Massendicken bzw. geringerer Durchlässigkeiten auf seine Vereinbarkeit mit theoretischen Berechnungen zu prüfen.

Die allgemeine Formel (3) läßt sich relativ leicht auswerten, wenn man den Faktor der Bessel-Funktion im Integranden durch geeignete Funktionen, für die die Integrale auswertbar sind, approximiert. Das Resultat zeigt Abb. 2. Hier ist (gestrichelt) D als Funktion von x/x_a für verschiedene φ als Parameter aufgetragen. Außerdem sind (ausge-

zogen) die für kleine Massendicken geltenden Beziehungen zwischen φ und D dargestellt [Formel (1)]. Schließlich sind noch die Kurven gleicher Abweichung zwischen den Werten aus den Formeln (1) und (3) für 5, 10 und 20% eingezeichnet, und zwar sind das Korrekturen, die an den nach Formel (1) berechneten x/x_a anzubringen sind, damit der wahre Wert erhalten wird. Am Verlauf der gestrichelten Kurven ist zu erkennen, daß sie bei kleinem φ bei relativ geringen Durchlässigkeiten sich nach oben krümmen, bei großem φ sich aber schon bei relativ großen Durchlässigkeiten nach unten neigen, um schließlich aber dann doch eine Krümmung nach oben zu erfahren. Die Grenze zwischen beiden Verhaltensweisen liegt bei $\varphi = 1$. Die Kurvenform ist verständlich: Bei kleinen Aperturen wird gewissermaßen jedes Elektron bereits beim ersten Streuakt aus dem von der Aperturblende durchgelassenen Bereich herausgestreut. Mehrfachstreuung kann sich also nur so bemerkbar machen, daß bereits gestreute Elektronen wieder in den Winkelbereich der Apertur zurückgebracht werden. Das kann im merklichen Ausmaße nur geschehen, wenn bereits relativ viele Elektronen sich außerhalb des Aperturkegels befinden. Bei großem φ ist es umgekehrt: Mehrfachstreuung bewirkt zunächst, daß bereits einmal gestreute, noch im Aperturkegel sich befindende Elektronen zusätzlich den Aperturkegel verlassen. Erst wenn die Anzahl der Elektronen außerhalb des Aperturkegels größer geworden ist, kann auch bei größeren Aperturen eine „Rückstreuung“ auftreten. Bei den Kurven bis $\varphi = 1$ wird man die Exponentialfunktion ohne weiteres als eine echte Näherung des genauen Verlaufs anerkennen, anders ist es bei größeren φ -Werten: Die Tangente im Nullpunkt gibt nur bei sehr kleinen x/x_a eine brauchbare Annäherung. Eine in einem größeren Bereich verwendbare Näherung erhält man, wenn man vom Anfangspunkt die mit größerer Steigung verlaufende 2. mögliche Tangente an die Kurve zieht. Die Annäherung durch diese e -Funktion ist dann zwar in der Nähe des Nullpunktes schlecht, gilt aber bei größerem x/x_a in einem weiteren Bereich. Wenn man sich die Möglichkeit überlegt, aus experimentellen Daten die als Näherung dienenden e -Funktionen festzulegen, so darf man erwarten, daß man für $\varphi < 1$ zu eindeutigen Resultaten kommt. Bei $\varphi > 1$ wird man aber, wenn man nur eine endliche Zahl von mit Fehlern behafteten Messungen hat, die Exponentialfunktion

individuell nach dem Bereich von x/x_a festlegen, in dem die Meßwerte liegen. Ein einwandfreier Vergleich zwischen Theorie und Experiment ist also, solange es sich um die Annäherung durch e -Funktionen handelt, im Bereich $\varphi > 1$ wohl im allgemeinen nicht ohne weiteres möglich.

Nun wird aber der Bereich $\varphi > 1$ auch im allgemeinen wenig Verwendung finden, da solche Aperturen für die praktische Elektronenmikroskopie meistens ohne Bedeutung sind. Die übliche 50- μ -Kontrastblende, die eine Apertur von ungefähr $1 \cdot 10^{-2}$ liefern möge, führt bei 50 kV auf $\varphi = 0,30$, bei 100 kV auf $\varphi = 0,435$. Bei 50 kV kommt man also mit einer 200- μ -Blende ungefähr gerade an die Grenze des Bereiches, in dem man bei kleineren Massendicken (bis etwa $x/x_a = 2,5$) mit der e -Funktion rechnen darf. Den Werten liegt das oben vorgeschlagene Θ_S zugrunde.

Mißt man in einer Schaltung, bei der man Elektronenströme mit einer Genauigkeit von 0,5% des Maximalwertes ablesen kann (normaler Elektrometer-Verstärker ohne Umschaltung des Meßbereiches), so zeigt sich, daß der Bereich größter relativer Meßgenauigkeit bei einer Durchlässigkeit von 20–40% liegt. Man wird also, wenn es auf höchste Meßgenauigkeit ankommt, diese Durchlässigkeiten wählen und kann, bei Verwendung geeigneter Aperturwinkel, mit der Meßgenauigkeit von 2% ungefähr von $x/x_a = 0,7$ bis 2,4 messen. Reicht dieser Bereich nicht aus, so kann man sich an Hand der Kurvenscharen andere Auswertmethoden überlegen.

Um die Grenzen des Exponentialgesetzes zu prüfen, kann man entweder Folien bekannter, größerer Dicke untersuchen, oder z. B. zwei Folien gleicher Dicke übereinanderlegen und die Durchlässigkeit der Doppelfolie mit der einer Einfachfolie verglei-

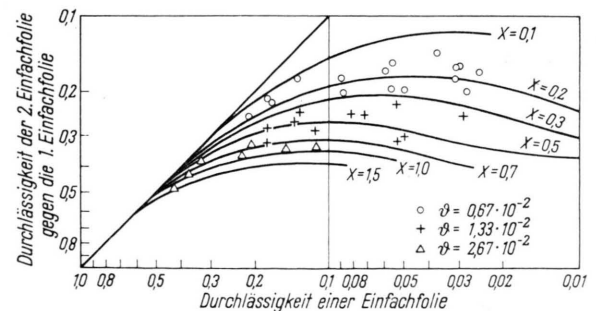


Abb. 3. Zur Prüfung der exakten Theorie: Durchlässigkeit einer Doppelfolie bezogen auf die einer Einfachfolie als Funktion der Durchlässigkeit der Einfachfolie. Messungen mit 60 kV und $\varphi = 0,21$ (○), $\varphi = 0,42$ (+), $\varphi = 0,84$ (△).

chen. Die letztgenannte Methode schien uns, nach dem Prinzip mit möglichst einfachen Voraussetzungen zu arbeiten, am geeignetsten. Die hier eingehende Voraussetzung ist die, daß die Folien über größere Flächen eine genügend einheitliche Massendicke aufweisen. Im allgemeinen läßt sich diese Forderung erfüllen. In Abb. 3 ist auf der Abszisse die Durchlässigkeit der Einfachfolie, auf der Ordinate das Verhältnis der Durchlässigkeit von Dop-

pel- zu Einfachfolie aufgetragen. Die Kurven sind mit Hilfe der Abb. 2 gewonnen. Man erhält also für jede Apertur eine charakteristische Kurve. Ebenfalls angegeben sind Meßpunkte, die bei 60 kV mit den Aperturen $\vartheta = 0,67 \cdot 10^{-2}$, $1,33 \cdot 10^{-2}$ und $2,67 \cdot 10^{-2}$ gewonnen wurden. Die entsprechenden φ -Werte sind (mit Θ_S) 0,21; 0,42 und 0,84. Man erkennt im Rahmen der Meßgenauigkeit eine gute Übereinstimmung mit den berechneten Kurven.

Zur Frage der Beteiligung intrazellulärer Hemmfaktoren bei der Proteinsynthese von *Acetabularia**

Von H. CLAUSS

Aus dem Max-Planck-Institut für Meeresbiologie Wilhelmshaven (Abt. HÄMMERLING)
(Z. Naturforsch. 17 b, 339—341 [1962]; eingegangen am 15. November 1961)

Nach STICH und KITTYAKARA soll durch Unterteilung kernloser Zellen von *Acetabularia crenulata* die Proteinsynthese gegenüber unbehandelten ganzen Zellen stimuliert werden. Auf Grund dieser Befunde wurde auf einen die Proteinsynthese kontrollierenden „inhibitory mechanism“ geschlossen.

Bei Wiederholungen dieser Versuche konnten die Ergebnisse dieser Autoren nicht bestätigt werden. Die Zunahme der Zellproteine ist weitgehend unabhängig davon, ob die kernlose Zelle als ganze, halbiert, geviertelt oder geachtelt untersucht wird. Diese Befunde sprechen dafür, daß bei der Entfernung des Zellkernes das weitere Schicksal der Zelle, auch hinsichtlich der Proteinsynthese, festgelegt ist.

Kernlose Zellen und Zellteile von *Acetabularia* sind, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, zur Proteinsynthese befähigt¹⁻⁷. Abschnitte aus verschiedenen Regionen der Zelle zeigen jedoch im isolierten Zustand eine von ihrer Herkunft abhängige Proteinzunahme: Teile aus der Spitzenregion, die auch die Fähigkeit haben zu wachsen, bilden mehr Protein als aus der Basalregion stammende Teilstücke gleicher Ausgangslänge, die nicht wachsen^{3, 4, 5}.

Einen Beitrag zur Frage der Regulierung der Proteinsynthese kernloser Zellen von *Acetabularia* lieferten STICH und KITTYAKARA⁸. Sie untersuchten vergleichend die Proteinsynthese von noch hutlosen ca. 20 mm langen, durch Abschneiden des Rhizoides kernlos gemachten Zellen von *Acetabularia crenulata*, die wie folgt behandelt wurden: eine Gruppe wurde transversal in zwei Teile („halbe“), eine

andere in vier Teile („viertel“) und eine weitere in acht Teile („achtel“) zerschnitten. Als Kontrollen dienten ganze kernlose Zellen („ganze“). 15 Tage nach dem Zerschneiden wurden die von einer Zelle stammenden Teilstücke zusammen auf ihren Gehalt an Proteinstickstoff untersucht und seine Zunahme gegenüber dem Versuchsbeginn berechnet. Dabei ergab sich folgendes Bild: „Ganze“ Zellen sollen am wenigsten Protein, die in acht Teile geschnittenen am meisten synthetisiert haben. (Proteinstickstoff-Zunahme pro Zelle in μg : „ganze“ ca. 0,3; „halbe“ ca. 3,0; „viertel“ ca. 4,0; „achtel“ ca. 4,5.)

In einem zweiten Experiment wurde die Syntheseleistung von verschiedenen langen kernlosen Teilen von *Acetabularia crenulata* untersucht. Hergestellt wurden die Zellteile durch Schneiden der Zellen in verschiedenen Abständen vom Vorderende („Vor-

* Mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

¹ F. VANDERHAEGHE, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **15**, 281 [1955].

² J. BRACHET, H. CHANTRENNE u. F. VANDERHAEGHE, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **18**, 544 [1955].

³ J. HÄMMERLING, H. CLAUSS, K. KECK, G. RICHTER u. G. WERZ, *Exp. Cell Res. Suppl.* **6**, 210 [1958].

⁴ H. CLAUSS, *Planta* **52**, 334 [1958].

⁵ G. WERZ u. J. HÄMMERLING, *Planta* **53**, 145 [1959].

⁶ G. RICHTER, *Biochim. biophysica Acta* [Amsterdam] **34**, 407 [1959].

⁷ H. CLAUSS u. G. WERZ, *Z. Naturforsch.* **16 b**, 162 [1961].

⁸ H. STICH u. A. KITTYAKARA, *Science* [Washington] **126**, 119 [1957].