

wurde die Einwirkung physiographischer Faktoren auf Einzel-tiere oder auf mehrere Tiere der gleichen Art untersucht; es wurde getestet, innerhalb welcher Temperaturspanne eine Art lebensfähig ist, innerhalb welchen Salzgebaltbereiches sie fortpflanzungsfähig ist usw.; es wurde also die artspezifische Reaktion auf ganz bestimmte abiotische Gegebenheiten festgestellt.

Abiotische Faktoren bestimmen auch in der freien Natur die Existenzgrenzen einer Art. Es kommen hier aber noch weitere Faktoren hinzu, nämlich die biotischen Faktoren, die hochkomplizierten zwischenartlichen Wechselbeziehungen. Entscheidend für das Verhalten im Biotop ist der Lebens-lagewert, den die ökologische Gesamtsituation für eine Art besitzt. Im Biotop ist die artspezifische Reaktion gleichsam das Endresultat einer langen Rechnung mit vielen Unbekannten, in die abiotische und biotische Faktoren eingehen. Dieses Endresultat bezeichnen wir als „ökologische Existenz“ und das Verhalten, das eine Art im Zuchtversuch — herausgelöst aus ihren ökologisch-interspezifischen Bindungen — zeigt, als „physiologische Potenz“<sup>1b)</sup>. Wenn wir die artspezifische Reaktion auf bestimmte Umweltfaktoren exakt ermitteln wollen, so müssen wir die betreffenden Umweltfaktoren quantitativ differenzieren können. Das ist bei den physikalisch-chemisch gut definierten abiotischen Faktoren meist möglich (z. B. bei Temperatur, Salzgehalt,  $\text{pH}$ , Licht, Wind, Feuchtigkeit). Die Analyse geht daher nicht nur im Laboratorium, sondern auch in der freien Natur meist vom Verhalten der Tiere gegen-über physiographischen Faktoren aus.

Bei den biotischen Faktoren (Beziehungen zur Nahrung, wechselseitige stoffliche Beeinflussung, Epibiose, Symbiose, Parasitismus usw.) liegt die Sache komplizierter. Ihre Bedeutung für die marine Ökologie ist erst in letzter Zeit erkannt worden [vgl. z. B. 6)]. Die biotischen Faktoren sind in vielen Fällen nicht meßbar, nicht quantitativ differenzierbar. Das gilt vor allem für die Beziehungen zur Nahrung und für die vielseitigen Bindungen zwischen den Gliedern einer Lebens-gemeinschaft. Hier müssen wir uns vorerst oft mit qualitativen Aussagen begnügen.

Diese Betrachtungen sind geeignet, den Wert, den kombinierte Untersuchungen im Biotop und im Zuchtversuch für ökologische Fragestellungen besitzen, klarzumachen. Wenn es unser Ziel ist, die Beziehungen der Tiere zu ihrer Umwelt und zueinander zu erforschen, so müssen wir ausgehen von dem Verhalten der Tiere gegenüber den abiotischen Faktoren. Dabei können einseitige Untersuchungen im natürlichen Lebens-raum, aber auch einseitige Zuchtversuche im Laboratorium leicht zu Fehlresultaten führen. Erst die gleichzeitige Anwen-dung beider Untersuchungsmethoden erfüllt die notwendigen Voraussetzungen für eine Kausalanalyse der ökologischen Zu-sammenhänge. Kombinierte Untersuchungen im Biotop und im Zuchtversuch leisten zweierlei: Sie verringern die Fehler-möglichkeiten einseitiger Betrachtung und gestatten Rück-schlüsse auf die existenzökologische Situation im Biotop.

Den zweiten Punkt will ich näher erläutern. Ist die Exi-stenzspanne im Zuchtversuch größer als im Biotop, so deutet

das darauf hin, daß der Lebenslagewert im Biotop durch bio-tische Faktoren erniedrigt wird (bei *G. duebeni* z. B. durch die Konkurrenz mit anderen *Gammarus*-Arten<sup>1c)</sup>). Ist umgekehrt die Existenzspanne im Biotop größer, so spricht das — adäquate Kulturbedingungen vorausgesetzt — dafür, daß im natür-lichen Lebensraum biotische Bindungen bestehen, die den Lebenslagewert erhöhen. Ist schließlich die Existenzspanne im Zuchtversuch und im Biotop gleich, so wird der Lebenslage-wert vermutlich primär durch abiotische Faktoren bestimmt. Bei dieser 3. Möglichkeit decken sich ökologische Existenz und physiologische Potenz. — In allen drei Fällen gibt der Vergleich zwischen dem Verhalten im Zuchtversuch und dem Verhalten im Biotop die Richtung an, in der die weitere Analyse zu er-folgen hat.

Die Diskrepanz zwischen physiologischer Potenz und öko-logischer Existenz bei *Cordylophora caspia* und *Gammarus duebeni* hat mich noch zu anderen Überlegungen veranlaßt. Beide Arten sind echte Brackwassertiere, beide Arten sind im Zuchtversuch in bezug auf abiotische Faktoren „euryplasti-sch“<sup>2, 8)</sup>. Wenn sie in der freien Natur vornehmlich in Ge-wässern mit etwa 5 bis 8 ‰ vorkommen, so handelt es sich hierbei nicht um einen Salzgebaltbereich, der für sie besonders günstig ist, sondern wohl um ein „interspezifisches Konkur-renzvakuum“ [vgl. das Artenminimum bei 5 bis 8 ‰<sup>9)</sup>]. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es sich hier um ein allgemeineres Prinzip handelt, das ich so formulieren möchte: *Gegenüber abiotischen Faktoren stabile (euryplastische) Arten sind bioti-schen Faktoren gegenüber häufig labil (stenoplastisch) und um-gekehrt.*

Wie weit diese Zusammenhänge auch außerhalb des Aus-gangspunktes unserer kurzen Betrachtung — also der beiden Brackwassertiere *C. caspia* und *G. duebeni* — Gültigkeit be-sitzen, muß die Zukunft lehren.

Zoologisches Institut der Universität, Kiel

Eingegangen am 12. Oktober 1955

\*) „Zuchtversuch“ = über den gesamten Lebenszyklus einer Tierart sich erstreckendes Studium der Leistungen und Eigenarten mit ökologischer Fragestellung unter exakt erfaßbaren Bedingungen im Laboratorium. — Kurzfristige Experimente mit rein physio-logischer Fragestellung sind hier nicht gemeint, ihre Resultate lassen sich nur mit Vorbehalt auf die Situation im natürlichen Lebensraum übertragen.

<sup>1)</sup> KINNE, O.: (a) im Druck. — (b) Z. wiss. Zool. 157, 427 (1953). (c) Naturwiss. 41, 434 (1954). — (d) Kieler Meeresforsch. 9, 134 (1952).

<sup>2)</sup> ROCH, F.: Z. Morph. Ökol. Tiere 2, 350 (1924).

<sup>3)</sup> SEGERSTRÄLE, S. G.: Soc. Sci. Fenn., Comment. Biol. 10, 1 (1950).

<sup>4)</sup> FORSMAN, B.: Zool. Bidr. Uppsala 29, 215 (1951).

<sup>5)</sup> HYNES, H. B. N.: J. Animal Ecol. 23, 38 (1954).

<sup>6)</sup> FRIEDRICH, H.: Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 1, 225 (1952).

<sup>7)</sup> THIENEMANN, A.: Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Stuttgart: E. Schweizerbart 1950.

<sup>8)</sup> STRENZKE, K.: Acta biotheoretica 9, 163 (1951).

<sup>9)</sup> REMANE, A.: Verh. dtsh. zool. Ges. Greifswald 1934, 34. — Tierwelt der Nord- und Ostsee, Teil Ia (1940).

## Untersuchungen über die Reaktionen zwischen amorphem $\text{SiO}_2$ und $\text{Al}_2\text{O}_3$

Von CARL-HEINZ HORTE und JOACHIM WIEGMANN, Berlin

Beim Erhitzen von kaolinit- oder halloysithaltigen kerami-schen Rohstoffen zeigt sich in der Differentialthermoanalyse (DTA) nach der endothermen Entwässerung der Tonminerale [das Entwässerungsprodukt ist als eine besonders innige Mischung zwischen amorphem  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufzufassen und unter dem Namen Metakaolin bekannt<sup>1), 2)</sup>] im Temperaturbereich zwischen 900 und 1000° C eine starke exotherme Re-aktion. Diese Reaktion, die sich zwischen dem im Entwässe-rungsprodukt vorliegenden amorphem  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abspielt, ist von Bedeutung für das Entstehen des keramischen Scher-bens und war mehrfach Gegenstand experimenteller und theoretischer Untersuchungen, ohne daß bisher die Natur der Reaktion eindeutig geklärt werden konnte. INSLEY und EWELL<sup>3)</sup>, COLEGRAVE und RIGBY<sup>4)</sup>, RICHARDSON und WILDE<sup>5)</sup> sowie DE KEYSER<sup>6)</sup> vertreten die Ansicht, daß die exotherme Reaktion durch die Kristallisation des amorphen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zu  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  bedingt wird. Dabei bringt DE KEYSER zusätzlich zum Ausdruck, daß sich der  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Bildung eine Sillimanit-bildung anschließt, als Zwischenstufe vor der bei höherer

Temperatur stattfindenden Mullitbildung. Dagegen glauben COMEFORO, FISCHER und BRADLEY<sup>7)</sup> sowie GLASS<sup>8)</sup> die Bil-dung von Mullit als Ursache der exothermen Reaktion an-nehmen zu müssen. Auf Grund gitterenergetischer Betrach-tungen kam LEBDEW<sup>9)</sup> zu dem Schluß, daß die Reaktion zwischen 900 und 1000° C auf die Bildung von Aluminium-silikatkeimen zurückzuführen sei, wobei er keine genaue Unter-scheidung zwischen Sillimanit und Mullit treffen konnte. Die Bildung von  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  als Ursache für den exothermen Verlauf der Reaktion schließt er jedoch aus.

Die widerstreitenden Ansichten der vorgenannten Autoren werden verständlich, wenn man berücksichtigt, daß 1. nach keiner einheitlichen Methode bezüglich der Wärmebehandlung gearbeitet wurde, 2. im allgemeinen mit natürlichen kaolinit-oder halloysithaltigen Rohstoffen gearbeitet wurde, wobei Störungen durch Verunreinigungen des natürlichen Materials die Ergebnisse fälschen konnten, 3. die Ergebnisse in erster Linie aus röntgenographischen Untersuchungen gefolgert wur-den, wobei einerseits durch die meist sehr kleine Kristallitgröße

die Auswertung erschwert wird und andererseits die Unterscheidung zwischen Sillimanit und Mullit nicht möglich ist.

Um von eventuellen Störungen durch Verunreinigungen natürlicher Materialien frei zu sein und eine möglichst große Variationsbreite des Verhältnisses  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  zu haben, untersuchten wir, ähnlich INSLEY und EWELL<sup>3)</sup>, zusammengefallte Gele aus  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , die sich beim Erhitzen analog dem Metakaolin verhalten. Bei der Herstellung der Gele gingen wir jedoch nicht wie die vorgenannten Autoren von Natriumsilikat und Aluminiumchlorid aus, da die nach diesem Verfahren hergestellten Gele einen schwer (praktisch gar nicht) zu beseitigenden Gehalt an Natriumsalzen enthielten. Wir stellten die Gele durch gemeinsame Hydrolyse von Siliziumtetrachlorid und Aluminiumchlorid in ammoniakhaltigem Wasser her. Die Gele verschiedener Zusammensetzung ließen sich durch Auswaschen leicht von ihrem Ammonchloridgehalt

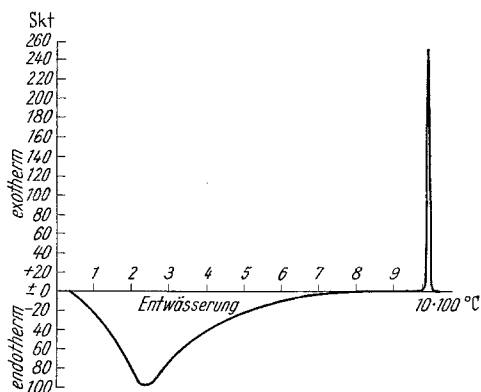


Fig. 1. DTA-Kurve des zusammengefallten Gels mit  $MV = 2,07$ . ( $MV = \text{Molverhältnis } \text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ .) Die Ordinate gibt die Skalenanteile des Galvanometers an

befreien und wurden nach dem Trocknen bei  $110^\circ\text{C}$  zunächst der DTA unterworfen. Sämtliche Gele zeigten bei einer Erhitzungsgeschwindigkeit von  $10^\circ\text{C}$  je Minute eine exotherme Reaktion im Temperaturbereich zwischen  $980$  und  $1010^\circ\text{C}$  (Lage des Maximums). Die Intensität der Reaktion (vgl. Fig. 1), beurteilt nach der unter der DTA-Kurve liegenden Fläche, zeigte eine eindeutige Abhängigkeit von dem Mol-Verhältnis  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $MV$ ) in den Gelen, und zwar ergab sich mit steigendem  $MV$  ein starkes Ansteigen der Reaktionswärme bis zu einem  $MV = 1$ . Bei diesem Verhältnis durchläuft die Reaktionswärme ein Maximum und fällt dann mit größer werdendem  $MV$  wieder ab (vgl. Fig. 2). Die einzelnen Gele wurden nun kurz vor Beginn sowie kurz nach dem Ablauf der exothermen Reaktion in der DTA-Apparatur schroff abgekühlt. In diesem Zustand wurden sie der röntgenographischen Untersuchung unterworfen. Es zeigte sich übereinstimmend bei allen Gelen, daß vor dem Einsetzen der Reaktion noch eine röntgenamorphe Substanz vorlag. Lediglich bei den aluminiumreichsten Gelen ( $MV < 0,6$ ), bei denen der Einsatzpunkt der Reaktion infolge des flachen Verlaufs der DTA-Kurve nicht mehr genau festzulegen war, wurde schon bei  $800^\circ\text{C}$ , also vor dem Maximum der Reaktion, eine  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Bildung festgestellt. Nach der Reaktion zeigten die  $\text{SiO}_2$ -reichen Gele nur die Interferenzen eines Aluminiumsilikates (Unterscheidung zwischen Sillimanit und Mullit konnte zunächst nicht getroffen werden). Die Gele mit einem  $MV < 1$  zeigten dagegen nach der Reaktion neben den Silikatlinien das Auftreten von  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , wobei sich

die Interferenzen des  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  mit steigendem Aluminiumgehalt der Gele verstärkten. Aus der Lage des Reaktionsmaximums in der DTA bei einem  $MV = 1$  und dem Auftreten von  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  nach dem Unterschreiten des  $MV = 1$  in den im Durchschnitt auf  $1000^\circ\text{C}$  erhitzten Gelen glauben wir folgern zu können, daß in erster Linie die Sillimanitbildung die exotherme Reaktion verursacht. Die Versuche an Gelen, die nach einer etwas veränderten Präparationsmethode hergestellt waren (z. B. Zersetzung von Siliziumtetrachlorid an Aluminiumoxyhydraten) und die bei einer DTA-Untersuchung den exothermen Effekt aufgespalten in zwei Maxima verschiedener Intensität zeigten, führen uns jedoch zu dem Schluß, daß die Reaktion im Sinne

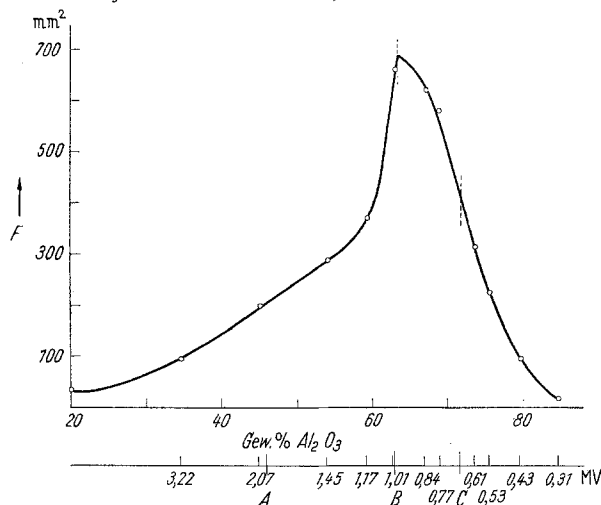


Fig. 2. Abhängigkeit der Reaktionswärme von der Zusammensetzung der zusammengefallten Gele. Ordinate: Fläche in  $\text{mm}^2$ . Abszisse: Gew.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bzw.  $MV$  (Molverhältnis). A  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ; B  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ; C  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

eines HEDVALL-Effektes durch eine kristallographische Umordnung des  $\text{Al}_2\text{O}_3$  eingeleitet wird. Über Einzelheiten dieser Versuche sowie über Untersuchungen an verschiedenen amorphen Aluminiumoxyden, die in diesem Zusammenhang durchgeführt wurden, wird demnächst an anderer Stelle ausführlich berichtet.

Berlin N 4, Invalidenstr. 44, Institut für Angewandte Silikatforschung (Leiter: Prof. Dr. H. H. FRANCK)

Eingegangen am 18. Oktober 1955

<sup>1)</sup> TSCHUISCHWILL, L., W. BÜSSEM u. W. WEYL: Ber. dtsch. keram. Ges. 20, 249 (1939).

<sup>2)</sup> BRINDLEY, G. W.: X-Ray Identification and Structure of the Clay Minerals, S. 77 ff. (RICHARDSON). London: Mineralogical Society 1951.

<sup>3)</sup> INSLEY, H., u. R. H. EWELL: J. Res. Nat. Bur. Standards 14, 615 (1935).

<sup>4)</sup> COLEGRAVE, E. B., u. G. R. RIGBY: Trans. Brit. Ceram. Soc. 51, 355 (1952).

<sup>5)</sup> RICHARDSON, H. M., u. F. G. WILDE: Trans. Brit. Ceram. Soc. 51, 387 (1952).

<sup>6)</sup> KEYSER, W. DE: Ber. dtsch. keram. Ges. 21, 29 (1940).

<sup>7)</sup> COMEFORO, J. E., R. B. FISCHER u. W. F. BRADLEY: J. Amer. Ceram. Soc. 31, 254 (1948).

<sup>8)</sup> GLASS, H. D.: Amer. Mineralogist 39, 193 (1954).

<sup>9)</sup> LEBEDEV, J. W.: Ber. Akad. Wiss. UdSSR. 89, 335 (1953). Ref. in Silikat-Technik 4, 545 (1953).

## Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

### Über eine einfache Methode zur Herstellung feiner Lochblenden

Bei der Konstruktion von  $\alpha$ -Strahl-Kanonen zur Beschleunigung von einzelnen Teilchen der lebenden Zelle entstand die Notwendigkeit, besonders feine Löcher in hinreichend dicken Metallfolien herzustellen, mit denen man aus der Gesamtmission eines  $\alpha$ -Strahlers einen kleinen Raumwinkelbereich ausblenden konnte<sup>1)</sup>. Da die Möglichkeit einer Bohrung von feinen Löchern mit Hilfe des Elektronenstrahls nicht bestand und andererseits auch die Durchmesser der Löcher noch so groß gewesen wären, die man mit Hilfe dieses Ver-

fahrens etwa in einer Bleifolie von mindestens  $40\mu$  Dicke noch erreichen könnte, wurde zunächst versucht, durch Knittern von käuflichen Metallfolien (Tantal, Messing u. a.) feine Risse zu erzeugen, von denen man hoffte, daß einige eine brauchbare Form und Größe besitzen würden. Diese Hoffnung erwies sich jedoch als trügerisch. Auch die Herstellung von feinen Löchern mit Hilfe eines elektrischen Durchschlags durch Glimmer- oder Glasplättchen, wie sie später von MUNSON<sup>2)</sup> beschrieben wurde, lieferte nicht zufriedenstellende Resultate.