©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über die Bestimmung kleinster Teilchen mit Hilfe von Röntgenstrahlen.

Von

Prof. Dr. Hermann Mark.

Vortrag, gehalten am 21. Februar 1934.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Einleitung.

Erst im letzten Jahrzehnt hat man in vollem Umfang die Bedeutung erkannt, die kleine, in einer Flüssigkeit suspendierte feste oder flüssige Teilchen für chemische und besonders für physiologische Prozesse haben können. Wenn man einen Festkörper — etwa Quarz, Glas, Kupfer, Kohle usw. — allmählich immer mehr zerkleinert, so erhält man einen immer feiner werdenden Sand, dessen Aufschwemmung im Wasser zunächst keine neuen, den beiden Komponenten der Mischung fremdartige Erscheinungen ergibt. Die in der Flüssigkeit aufgewirbelten Teilchen setzen sich mehr oder weniger rasch ab und es erfolgt von selbst eine Trennung der beiden Komponenten des betrachteten Systems. Wenn man aber die Zerkleinerung der festen Phase sehr weit treibt, so daß Partikeln von besonderer Feinheit entstehen, dann erhält die Suspension dieser Partikeln in Wasser neuartige und, wie sich durch ein immer tieferes Studium herausstellt, besonders interessante Eigenschaften. Die einzelnen Teilchen bleiben nämlich dann beliebig lange in der Flüssigkeit schweben und bilden je nach der Konzentration entweder völlig klare oder schwach opalisierende Lösungen von großer Stabilität; eine freiwillige Entmischung erfolgt nicht mehr.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Während man sich in den vergangenen Jahrzehnten im wesentlichen dem Studium homogener Systeme und wahrer Lösungen zugewendet hatte, blieben die soeben geschilderten scheinbaren oder kolloiden Lösungen lange Zeit unbeachtet, und es war das Verdienst einer Reihe von Forschern, wie: Ostwald, McBain, Freundlich, Pauli u. a., das Augenmerk auf die Wichtigkeit dieser mikroheterogenen Systeme gelenkt zu haben.

Nachdem man einmal ihre Bedeutung erkannt hatte, begegnete man ihnen in der ganzen Chemie auf Schritt und Tritt und fand besonders in biologischen Systemen immer wieder kolloide Lösungen — sogenannte Sole — der verschiedensten Zusammensetzung und Wirksamkeit.

1. Einiges über die Herstellung kolloider Lösungen.

Als einfachster Weg zur Herstellung kolloider Lösungen könnte die künstliche Zerkleinerung einer gegebenen Substanz durch geeignete Mahlvorrichtungen erscheinen. Wenn man aber versucht, diesen Weg praktisch zu beschreiten, dann findet man bald, daß der Mahlgrad, bis zu dem man vordringen kann, nicht ausreicht, um die für ein kolloides System charakteristischen Erscheinungen, besonders die Stabilität und Klarheit hervorzubringen. Die besten technischen Zerkleinerungsvorrichtungen, Kugelmühlen, Schlagkreuzmühlen usw., ermöglichen nämlich bei

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ihrer Anwendung auf feste anorganische oder organische Substanzen nur eine Zerkleinerung bis in die Gegend von 2—5 μ Durchmesser [1]) der entstehenden Teilchen. Um einen Begriff von der Feinheit zu geben, sei angeführt, daß feinstes Weizenmehl, Portlandzement und äußerst feine Farbstoffe etwa diese Größenordnung besitzen. Wenn man Teilchen von dieser Größe in Wasser suspendiert, dann bleiben zwar diejenigen von ihnen lange schweben, deren spezifisches Gewicht nicht allzu sehr von dem des Wassers abweicht, wie Farbstoffe, Mehl, Stärke usw., die schwereren aber, Schwerspat, Zinkweiß usw., setzen sich nach kurzer Zeit praktisch vollständig ab.

Um in das Gebiet wahrer Sole vorzudringen, ist also eine noch weitergehende Zerkleinerung nötig. Für diesen Zweck hat Plauson eine Schlagkreuzmühle konstruiert, deren rasch rotierende, sehr nahe aneinander vorbeistreichende Schlagkreuze in einer Flüssigkeit laufen. Durch die Anwesenheit dieser Flüssigkeit wird die Wirkung der Mühle außerordentlich gesteigert und man kann auf diese Weise in der Tat eine vorgegebene, bereits recht feine Suspension eines bestimmten festen Körpers bis auf Kolloidfeinheit herunter mahlen. Man hat diese sogenannte Kolloidmühle an sehr vielen Stoffen erprobt und brauchbar gefunden, allerdings kommt sie nur für die laboratoriumsmäßige Herstellung von Solen in

---

[1]) 1 μ ist ein Tausendstelmillimeter oder 10^{-4} cm.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Frage, da sie für technische Zwecke zu unwirtschaftlich arbeitet. Es ist nämlich der Kraftaufwand für die in einer Flüssigkeit rasch rotierenden Schlagkreuzräder ein ungewöhnlich großer.

In der Praxis der Herstellung kolloider Lösungen mußte man sich daher nach anderen Methoden umsehen und fand sie in den verschiedensten Möglichkeiten, Festkörper elektrisch zu zerstäuben oder zu versprühen.

So kann man z. B. nach Bredig die meisten Metalle dadurch in kolloide Verteilung bringen, daß man unter Wasser zwischen zwei metallischen Elektroden einen Lichtbogen brennen läßt. Durch die starke Erwärmung werden kleine Teilchen der Elektrode losgerissen und verteilen sich in der umgebenden Flüssigkeit als stabiles Metallsol, das bereits in jeder Richtung typisch kolloide Eigenschaften zeigt. Besonders beständig sind Sole aus edlen Metallen, wie Gold, Silber, Kupfer, Platin usw.; sie besitzen, abgesehen von ihrem wissenschaftlichen Interesse für die Kolloidchemie, auch eine gewisse praktische Bedeutung. Die außerordentlich feine Verteilung des Metalles bringt es nämlich mit sich, daß die spezifische Oberfläche der in der Lösung vorhandenen festen Phase außerordentlich groß ist, so daß alle auf Oberflächenwirkung beruhenden Effekte bei der Verwendung von kolloiden Systemen besonders in den Vordergrund treten. So bilden Platinsole ausgezeichnete Katalysatoren, die bei der Hydrierung organischer Sub-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

stanzen allen anderen Beschleunigern erheblich überlegen sind, Silbersole werden als wirksame Desinfektionsmittel in der Heilkunde verwendet und wirken wahrscheinlich dadurch bakterizid, daß sie die Bakterien sowie die von ihnen erzeugten Giftstoffe an ihrer großen Oberfläche adsorbieren und hiedurch unwirksam machen.

Die eben erwähnten Metallsole zeigen je nach ihrer Herstellung verschiedene Farbe, ein Effekt, der in ihrer verschiedenen Teilchengröße seinen Grund findet und bei entsprechend genauer Bestimmung des Farbtones geradezu zur Messung der Teilchengröße verwendet werden kann.

Eine andere, vielleicht noch wichtigere Methode zur Herstellung kolloid verteilter Materie bildet die Fällung. Hier hat man es sehr oft durch entsprechende Wahl der Versuchsbedingungen in der Hand, das Entstehen sehr kleiner Teilchen zu bevorzugen. So lassen sich Metallsulfide, Metalloxyde, Kieselsäure und andere anorganische Stoffe sehr leicht fein verteilt ausfällen und liefern Suspensionen von großer Stabilität, die alle typisch kolloiden Erscheinungen zeigen. Sogar nach dem Entfernen des Lösungsmittels verbleibt der Rückstand häufig in so feiner Verteilung, daß man Systeme von außerordentlich großer spezifischer Oberfläche erhält, die für technische Zwecke Verwendung finden; man nennt diese festen Systeme mit kolloiden Eigenschaften Gele. So

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dient Kieselsäuregel, das man durch verschiedenartige Ausfällung in verschieden fein verteilten Zustand bringen kann, in der Technik als Absorptionsmittel für Gase und flüchtige Lösungsmittel, während zahlreiche andere aus anorganischen Solen hergestellte Gele, wie Aluminiumoxyd, Eisenoxyd usw., als Trägersubstanzen für Katalysatoren verwendet werden.

Diese kurze Einleitung über die Herstellung und Verwendung fester und flüssiger kolloider Systeme möge genügen, um die allgemeine Bedeutung dieses besonderen Zustandes der Materie zu kennzeichnen, nunmehr sei dazu übergegangen, die wichtigste Frage, das ist die Teilchengrößenbestimmung der Kolloide, zu behandeln.

2. Die Bestimmung der Größe kolloider Teilchen.

Die direkte mikroskopische Vermessung kleiner Partikeln ist an die Wellenlänge des verwendbaren Lichtes geknüpft. Wie die Gesetze der Optik lehren, ist eine direkte Abbildung im Mikroskop nur so lange möglich, als die Teilchen groß gegenüber der Wellenlänge des Lichtes sind. Wenn diese Bedingung nicht mehr zutrifft, dann treten Beugungserscheinungen auf, durch die die Abbildung verschwommen und ungenau wird, so daß von einer direkten Messung nicht mehr gesprochen werden kann. Das Gebiet des sichtbaren Lichtes endet bei einer Wellenlänge

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von etwa 400 $\mu\mu$ oder 4000 Å;[1]) dies ist also auch die Grenze der visuell noch direkt beobachtbaren Teilchengröße. Man hat versucht, durch Verwendung ultravioletter Strahlen auf photographischem Wege den Anwendungsbereich des normalen Mikroskopes zu erweitern und ist bis zur Wellenlänge von etwa 200 $\mu\mu$ gegangen. Einerseits bedeutet dies aber keine erhebliche Erweiterung des Anwendungsbereiches, andererseits ist das Verfahren wegen der Notwendigkeit einer Quarzoptik und photographischer Registrierung recht umständlich, so daß man zusammenfassend sagen kann, die normalen optischen Hilfsmittel gestatten unter günstigsten Bedingungen noch die Vermessung von Teilchen in der Größenordnung von 0·8 bis 1·2 μ, enden also an der oberen Grenze des für den kolloiden Zustand charakteristischen Gebietes.

Um weiterzukommen, hat man sich zunächst des Ultramikroskopes bedient. Dieses gestattet zwar nicht, ein Teilchen seiner Form und Größe nach direkt zu beobachten, ermöglicht aber die Zahl der in einem bestimmten, sehr kleinen Volumen befindlichen Teilchen anzugeben. Wenn man nun das Gewicht der im gesamten System verteilten festen Materie und auf ultramikroskopischem Wege auch die Zahl der insgesamt vorhandenen Teilchen zunächst durch Auszählung in einem kleinen Bereich und dann durch Multiplikation

---

[1]) 1 $\mu\mu$ ist ein Tausendstel-μ oder 10^{-7} cm; 1 Å ist ein Zehntel-$\mu\mu$ oder 10^{-8} cm.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ermittelt hat, dann kann man mit Hilfe der einfachen Beziehungen

$$p = \frac{P}{N}$$

P = Gesamtgewicht der verteilten Materie

N = Gesamtzahl der Teilchen

das Gewicht p des Einzelteilchens und bei Kenntnis der Dichte auch die Größe des Einzelteilchens angeben. Wenn man sicher sein kann, daß durch den Verteilungsvorgang keine Dichteänderung der Substanz eingetreten ist, dann läßt sich auf diesem Wege in kolloiden Lösungen eine recht verläßliche Bestimmung der mittleren Teilchengröße durchführen. Festen Kolloiden gegenüber aber versagt diese Methode völlig. Ebenso verliert sie ihre Anwendbarkeit, wenn die suspendierten Teilchen in der Lösung schlecht sichtbar sind, wie das bei fast allen organischen Solen, besonders bei den physiologisch wichtigen Systemen, wie Eiweiß, Stärke usw., der Fall ist. Hier sind die gelösten Teilchen optisch nicht genügend gegen das Lösungsmittel differenziert und können daher in ihm nicht so deutlich wahrgenommen werden, daß sich eine sichere Zählung ermöglichen ließe.

Es war daher von großer Bedeutung, daß vor etwa 15 Jahren die röntgenographische Methode auch auf dieses Gebiet angewendet und zur Bestimmung der Teilchengröße kolloider Systeme verwendet wurde. Um die Möglichkeit, mit Röntgenstrahlen die Größe sehr kleiner Partikeln bestimmen zu können, ent-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sprechend klar zu machen, wird es notwendig sein, ganz kurz auf die Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlen und Kristallen einzugehen.

Die Wellenlänge der Röntgenstrahlen liegt, wie man heute sehr genau weiß, in der Gegend von 10^{-8} cm, ist also etwa tausendmal kleiner als die des normalen Lichtes. Die Atomabstände in den festen und flüssigen Körpern fallen in dieselbe Größenordnung. Insbesondere bei kristallisierten Festkörpern bewirkt die regelmäßige Anordnung der einzelnen Atome in bestimmten Gleichgewichtslagen, daß der Kristall den Röntgenstrahlen gegenüber sich verhält wie ein völlig geordnetes Raumgitter, an dem eine regelrechte Beugung der Wellenstrahlung stattfinden kann, ganz ebenso wie man schon lange weiß, daß Licht an Gittern, deren Maschenweite mit der Wellenlänge vergleichbar ist, deutliche Beugungserscheinungen liefert. Die Interferenz oder Beugung der Röntgenstrahlen an Kristallgittern, die im Jahre 1912 zum erstenmal von M. v. Laue verwirklicht wurde, liefert außerordentlich charakteristische Diagramme, wobei punktförmige Schwärzungen regelmäßig, aber mit verschiedenen Intensitäten auftreten. Solche Diagramme sind heute das sicherste Mittel, um festzustellen, ob sich ein bestimmter Stoff im kristallisierten oder amorphen Zustand befindet. Während kristallisierte Substanzen wohldefinierte intensive Diagramme mit scharfen Interferenzpunkten liefern, ergeben Flüs-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sigkeiten nur verwaschene, undeutliche Beugungsbilder in Form eines breiten Ringes.

Der Unterschied ist leicht zu verstehen. Im Kristallgitter sind die einzelnen Beugungszentren wohlgeordnet und die Gangunterschiede der an ihnen gestreuten Röntgenstrahlen gehorchen ganz bestimmten scharfen Gesetzen. Diese Regelmäßigkeit führt dazu, daß sich in bestimmten Richtungen sehr viel Intensität anhäuft, während in anderen durch Interferenz eine so gut wie völlige Auslöschung eintritt; daher beobachtet man intensive Interferenzpunkte neben strahlungsfreien Bereichen.

In einer Flüssigkeit ist durch die unausgesetzte Bewegung der einzelnen Teilchen die Regelmäßigkeit viel weniger ausgeprägt. Daher verschwimmen hier die Gangunterschiede der an den einzelnen Molekülen gestreuten Wellen und mit ihnen die Interferenzfiguren der Diagramme.

Aus der Lage und Intensität der Beugungspunkte eines Kristallgitterdiagramms lassen sich, wie im Anschluß an Laue eine große Reihe von Forschern gezeigt hat, wichtige Schlüsse über die Struktur der Kristalle, über die Größe und Form und sogar über die innere Struktur der Atome ziehen. Von all dem aber soll an dieser Stelle nicht die Rede sein, sondern nunmehr sei zu der Frage übergegangen, wie man die Größe der einzelnen Kriställchen aus einem Röntgenogramm bestimmen kann. Um diese Möglich-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

keit einzusehen, braucht man nur auf den eben betonten Unterschied zwischen Einkristalldiagramm und Flüssigkeitsbildern etwas näher einzugehen. Es wurde auseinandergesetzt, daß die scharfen und intensiven Reflexe der Kristallbilder beim Übergang zum Flüssigkeitsbild zu verwaschenen Streifen verschwimmen. Wenn man nun ein aus sehr kleinen Kriställchen bestehendes Pulver als Zwischending zwischen Einkristall und Flüssigkeit auffaßt, ein Standpunkt, der zumindest qualitativ berechtigt ist, dann wird man zu erwarten haben, daß sehr feinkristalline Pulver Diagramme geben, die nicht mehr so scharf sind wie die von groben Kristallen herrührenden und noch nicht so verwaschen wie Flüssigkeitsdiagramme, und wird mit abnehmender Korngröße eine zunehmende Verwaschung der Interferenzen erwarten.

In der Tat konnte P. Scherrer und später ausführlicher M. v. Laue sowie Brill und Pelzer zeigen, daß auch die genauere wellenoptische Analyse zu demselben Ergebnis führt und eine Formel liefert, in der die Größe der beugenden Teilchen mit der Schärfe der an ihnen entstehenden Interferenzerscheinungen verknüpft ist. Wenn man auf einer Platte oder auf einem Film die Breite der Interferenzlinien in geeigneter Weise vermißt, dann kann man aus den dabei erhaltenen Zahlen bestimmen, wie viele Beugungspunkte an dem Zustandekommen der Interferenzerscheinung beteiligt waren. Es war schon lange be-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kannt, daß ein geritztes Glasgitter mit wenigen Strichen unscharfe, eines mit sehr vielen Strichen besonders scharfe Interferenzerscheinungen mit optischem Lichte liefert und die Übertragung dieses Effektes auf den Fall des dreidimensionalen Raumgitters liefert die bereits erwähnte Scherrer-Lauesche Gleichung. Da die Wellenlänge der Röntgenstrahlen in der Größenordnung von Ångström liegt, kann man auf diesem Wege auch noch die Dimensionen ganz besonders kleiner Teilchen bestimmen. Eine eingehendere Diskussion der erwähnten Formel zeigt, daß diese Methode am besten anwendbar ist, wenn die zu untersuchenden Teilchen eine Kantenlänge von 30 bis 200 Å haben. Wenn man dies mit den früher über den kolloiden Zustand angegebenen Zahlen vergleicht, dann sieht man, daß diese Methode gerade im kolloiden Gebiet besonders bedeutsam sein muß. Sie besitzt den Vorteil, sowohl auf Suspensionen als auch auf feste Körper angewendet werden zu können, und setzt nur voraus, daß die zu vermessenden Teilchen kristallinen Charakter haben.

Wie man seit den grundlegenden Versuchen von R. O. Herzog und Scherrer aus dem Jahre 1920 weiß, sind nicht nur die anorganischen Kolloide, sondern auch die meisten organischen, biologischen und physiologischen Objekte, wie Fasern, Muskel, Haare usw., kristallin und fallen daher in den Anwendungsbereich der röntgenographischen Teilchengrößenbestimmung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die erste praktische Durchführung dieser Methode erfolgte durch Scherrer selbst, der an verschiedenen Goldsolen die Größe der suspendierten Teilchen einerseits durch Auszählen, andererseits röntgenographisch bestimmte. Er fand sehr gute Übereinstimmung in den Ergebnissen und konnte auf diesem Wege seine neue Methode auch experimentell auf ihre Verläßlichkeit prüfen. Später hat eine große Reihe von Forschern sich ihrer zur Teilchengrößenbestimmung im submikroskopischen Gebiet bedient, und es mögen im folgenden einige besonders interessante Ergebnisse kurz zusammengestellt sein.

Ein sehr häufig untersuchtes Objekt bildet der Kohlenstoff in seinen verschiedenen Modifikationen. Seit langem ist bekannt, daß der kubische Diamant und der hexagonale Graphit die Erscheinungsformen des elementaren Kohlenstoffes sind. Daneben kannte man den Ruß in den verschiedensten Arten und Eigenschaften, eine Substanz, die man bisher stets als amorphen Kohlenstoff angesprochen hat. Röntgenographische Untersuchungen zahlreicher Rußsorten haben aber gezeigt, daß man in fast allen Fällen Interferenzbilder bekommt, aus denen man auf das Vorliegen der Graphitstruktur zu schließen hat, allerdings sind die Diagramme vieler Rußsorten sehr verwaschen und geben von der außerordentlichen Kleinheit der Graphitteilchen Kunde.

Je nach der Herstellung des Rußes aus Paraffin oder Leuchtgas erhält man Rußsorten von außer-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ordentlich verschiedener Teilchengröße, deren technische Eigenschaften ebenfalls stark voneinander abweichen und in charakteristischer Weise mit der Korngröße zusammenzuhängen scheinen. Ebenso wie der Graphit blättchenförmige Struktur besitzt, ergibt sich auch aus der röntgenographischen Untersuchung, daß die Rußteilchen nicht in allen Dimensionen gleich groß sind, sondern äußerst dünne Blättchen darstellen, deren Achsenverhältnis man nach der bereits erwähnten Laueschen Formel ebenfalls aus röntgenographischen Untersuchungen ableiten kann.

Der als Druckerschwärze verwendete Öl- oder Lampenruß besitzt Teilchengröße zwischen 100 und 200 Å, während der in der Gummiindustrie in größtem Umfang verwendete Gasruß seine besten technischen Eigenschaften entfaltet, wenn die Teilchen zwischen 50 und 100 Å mittlere Kantenlänge aufweisen. Diese außerordentlich feinen Kohlenstoffkriställchen verfestigen eine Kautschukmischung, mit der sie innig vermengt werden, etwa auf das 3- bis 4fache ihrer ursprünglichen Widerstandsfähigkeit. Man darf annehmen, daß durch die Vulkanisation die Rußteilchen mit den langen kettenförmigen Molekülen des Kautschuks chemisch verknüpft werden, so daß eine außerordentlich feste Verbindung zwischen den einzelnen Komponenten der Mischung entsteht. Daß die wirksamsten Kautschukruße außerordentlich kleine Teilchen haben, geht auch daraus

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hervor, daß sie nicht mehr rein schwarz, sondern eher braun- oder blaustichig erscheinen.

Noch feiner verteilten Kohlenstoff erhält man bei der Zersetzung des Kohlensuboxydes, eines merkwürdigen interessanten Gases, dem die Formel $C_3 O_2$ zukommt und das nach Klemenc bei seiner Erhitzung ein rotes Pulver liefert, dessen röntgenographische Untersuchung Graphitstruktur mit außerordenlich geringer Teilchengröße ergab. Die mittlere Ausdehnung der Körner beträgt hier nur etwa 30 Å; ein Kristall dieser Substanz enthält daher nur etwa 1000 Kohlenstoffatome und wiegt nicht mehr als 2.10^{-20} g. Er verhält sich dem Gewicht nach zu einem Zentner etwa so wie 1 Zentner zum Gewicht der ganzen Erde.

Eine andere interessante und auch technisch wichtige Modifikation der Kohle ist in den aus organischen Substanzen — Knochen, Holz, Blut usw. — hergestellten Präparaten zu finden, die eine besonders starke Aufnahmsfähigkeit für Gase und Dämpfe zeigen. Man hat diese Eigenschaft schon seit langem mit der großen inneren Oberfläche solcher Absorptionskohlen in Verbindung gebracht, die man sich als äußerst feinporigen Schwamm vorzustellen hat, in dem das zu adsorbierende Gas aufgesaugt wird. Die röntgenographische Untersuchung zeigt auch hier das Vorliegen des Graphitgitters und ergab außerordentlich kleine Dimensionen für die kristallisierten Bereiche.

©Ver: zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ein ähnliches Ergebnis liefert die Untersuchung von Kieselsäuregelen, die ebenso wie die erwähnten Kohlen in der Technik für die Wiedergewinnung von Lösungsmitteln, bzw. für das Festhalten von Gasen in Filtern, Gasmasken usw. gebraucht werden. Auch von diesen Stoffen erhält man Röntgenogramme, aus denen neben der kristallinen Natur die außerordentliche Kleinheit der Kriställchen hervorgeht.

Besonders interessante Ergebnisse hat die Bestimmung der Teilchengröße bei der Untersuchung technischer Katalysatoren zutage gefördert. Unter einem Katalysator versteht man einen Stoff, der durch seine bloße Anwesenheit den Ablauf einer chemischen Reaktion zu beschleunigen vermag, ohne hiebei merklich verändert zu werden. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Wirkung der Katalysatoren an eine Fixierung der Reaktion an die Oberfläche gebunden ist und daß diese Stoffe um so wirksamer sind, je größer die spezifische Oberfläche der verwendeten Präparate gemacht werden kann. Hier hat die röntgenographische Untersuchung eingegriffen und gezeigt, daß die Wirksamkeit von Kontakten in der Tat mit abnehmender Teilchengröße beträchtlich zunimmt. Um einen über längere Zeit aktiven Kontakt zu erhalten, ist es aber notwendig, dafür zu sorgen, daß die feine Verteilung der Substanz nicht während der Reaktion allmählich verlorengeht. Da die meisten chemischen Reaktionen bei höherer Temperatur

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durchgeführt werden, ist die Gefahr einer Rekristallisation und Sinterung der Kontakte sehr häufig akut und man muß besondere Maßnahmen treffen, um sie zu verhindern. Als sehr wirksam hat sich in dieser Hinsicht das Beimischen geringer Mengen von Stabilisatoren erwiesen, durch die ein Zusammenkristallisieren der einzelnen äußerst feinen Körner des Katalysators verhütet wird. Besonders A. Mittasch hat in einer ausführlichen Untersuchung des bei der Ammoniakherstellung verwendeten Kontaktes nachgewiesen, daß alle diejenigen Zusätze, die eine Rekristallisation und damit eine Teilchenvergrößerung des Kontaktes hintanhalten, als Stabilisatoren anzusprechen sind, während andere Zusätze unter Umständen zwar zu Beginn eine erhöhte Wirksamkeit des Katalysators zur Folge haben, bei der Dauerbeanspruchung aber versagen.

Diese wenigen Beispiele mögen zeigen, wie vielseitig die hier kurz geschilderte Methode in ihrer Anwendung auf wissenschaftliche und technische Fragen ist. Überall dort, wo man sich für die Größe und Form von Kriställchen interessiert, die in Gebieten zwischen 10 und 500 Å liegen, wird man in der röntgenographischen Methode ein verläßlich und bequem arbeitendes Hilfsmittel finden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1934

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Mark Hermann Franz

Artikel/Article: Über die Bestimmung kleinster Teilchen mit Hilfe von Röntgenstrahlen. 41-59