

rückzuführen. Das Chloroform wirkt wie ein Gemenge von Chlor und Chlorwasserstoff und führt unter bestimmten Temperaturverhältnissen zu verschiedenen Chlorierungsstufen eines und desselben Metalles. So bildet sich, gleichviel ob man vom Ferro- oder vom Ferrisulfat ausgeht, immer ein Gemisch von Ferro- und Ferrichlorid, aus welchem das letztere leicht wegsublimiert werden kann.

Ein Verfahren zur Herstellung wasser- und oxydchloridfreier Chloride der seltenen Erden hat sich die Deutsche Gasglühlicht-Aktiengesellschaft (Auergesellschaft)³¹³⁾ patentieren lassen. Man verwendet für die Elektrolyse der seltenen Erdmetalle fast ausschließlich die wasserfreien Chloride, und diese müssen, um sich zur Elektrolyse zu eignen, möglichst frei von Oxychlorid sein. Wie durch das Patent gezeigt wird, kann man dem Gemenge von wasserfreiem Chlorid und Oxychlorid, das man beim Erhitzen der wasserhaltigen Chloride gewinnt, das Oxychlorid am bequemsten dadurch entziehen, daß man das Gemenge mit Alkohol, welcher jedoch nur sehr geringe Mengen von Wasser enthalten darf, behandelt. Der Alkohol nimmt die wasserfreien Chloride auf und kann nach der Trennung vom ungelösten Oxychlorid abgedunstet, also wiedergewonnen werden, wobei das wasserfreie Chlorid hinterbleibt, dessen Gehalt an Resten von organischer Substanz durch Überleiten von Luft unter Erhitzen entfernt werden kann.

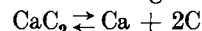
Phosphide, Boride und Carbide³¹⁴⁾.

Durch Erhitzen von feinzerteiltem Chrom mit Phosphor im zugeschmolzenen Rohre stellten Th. Dieckmann und O. Hanf³¹⁵⁾ das Phosphid Cr_2P_3 dar, aus welchem sich durch Abdestillieren des Metalloides weiter die Verbindung CrP bereiten ließ. — In weiterer Fortsetzung ihrer Untersuchungen über die Manganphosphide haben S. Hilpert und Th. Dieckmann mit O. Hanf³¹⁶⁾ ermittelt, daß die Verbindung mit dem höchsten Gehalte an Phosphor der Zusammensetzung MnP_2 entspricht, und daß sich aus diesem Produkte durch Abdestillieren des Phosphors die Verbindung MnP erhalten läßt. Beide Phosphide sind schwarzgraue Pulver, welche gegen nichtoxydierend wirkende Säuren unempfindlich sind und auch von Salpetersäure nur sehr langsam angegriffen werden. Sie verbrennen beim Erhitzen an der Luft ähnlich wie Phosphor zu tief schwarzem Pulvern, welche auffallenderweise stark ferromagnetisch sind. Es handelt sich hier nicht um Einschlüsse von unverändertem Phosphor, denn die Oxydationsprodukte sind stärker ferromagnetisch als die Phosphide selbst und besitzen einen niedrigeren Umwandlungspunkt als diese.

Erhitzt man sog. amorphes Bor mit Magnesium in einem Strome von Wasserstoff auf Rotglut, so erhält man nach den Versuchen von Rames Chandra Ray³¹⁷⁾ ein Gemisch, bestehend aus dem Magnesiumborid, Mg_3B_2 , und Magnesiumoxyd. Ein anderes Borid entsteht unter diesen Versuchsbedingungen nicht. Beim Erhitzen verliert das Borid Magnesium, während das Bor größtenteils im kristallisierten Zustande zurückbleibt.

Daß sich Calciumcarbid bei starkem Erhitzen zersetzt, ist lange bekannt, doch war der Mechanismus dieser Zersetzung bisher experimentell noch nicht aufgeklärt worden. Durch eine von E. Briner und A. Kuhne³¹⁸⁾ ausgeführte diesbezügliche Untersuchung wird die früher von anderer Seite gelegentlich aufgestellte Hypothese,

nach welcher sich bei dieser Zersetzung ein Subcarbid bilden solle, widerlegt. Es ergab sich nämlich, daß das Erhitzungsprodukt mit Wasser und Säuren nur Acetylen entwickelt und auch keinen festen Kohlenwasserstoff hinterläßt, denn das unter der Einwirkung von Säuren zurückbleibende Pulver besteht aus reinem Kohlenstoff. Andererseits enthält das erhitzte Carbid aber auch kein metallisches Calcium, da es, mit Wasser behandelt, keine Spur von Wasserstoff entwickelt. Das abgeschiedene Calcium tritt nämlich entweder mit den Wandungen des Porzellangefäßes oder mit den Bestandteilen der Luft in Reaktion. Führt man die Erhitzung in einem luftleer gepumpten, geschlossenen Rohre aus, welches nur zu einem Teile erhitzt wird, so findet sich in dem kälteren Teile metallisches Calcium, welches überdestilliert ist. Es ist somit sichergestellt, daß bei dem Erhitzen von Calciumcarbid ausschließlich eine Reaktion im Sinne der Gleichung:



stattfindet. Diese Reaktion ist umkehrbar. Erhitzt man Calcium und Kohlenstoff unter Luftabschluß auf 900° , so erhält man nach einiger Zeit ein Produkt, welches unter der Einwirkung von Wasser reichlich Acetylen entwickelt. Da die Vereinigung der beiden Elemente, wenn auch schwach, exotherm verläuft, so muß die Dissoziation durch hohe Temperaturen begünstigt werden, was auch das Experiment bestätigt.

(Fortsetzung folgt.)

Über den Wert der Zählung feinkörniger Substanzen.

Von CURT KÜHN, Pöchlarn.

(Eingeg. 7./I. 1915.)

Im folgenden möchte ich auf eine Methode hinweisen, die zwar schon lange in der Medizin und Physiologie angewandt wird, aber trotz ihrer vielfachen praktischen Verwendbarkeit in der Technik fast nicht benutzt wird. Ich meine die quantitative Zählung feiner Produkte mittels der Zeiss-Thomakammer für Blutkörperchenzählung.

Ich habe mittels dieser Methode in erster Linie Produkte der Strichfarbenfabrikation (Anstrich-, Druck-, Tapetenfarben usw.) untersucht. Will man die Zunahme der Dispersion oder der Krystallisation eines feinkörnigen Körpers mittels Mikroskop feststellen, so ist dies oft nicht möglich. Die Zerkleinerung sowohl wie das Wachsen der Kryställchen erfolgt nicht an allen Teilen gleichmäßig. Das mikroskopische Bild zeigt stets verschieden große Teilchen, die bei jeder entnommenen Probe andere sind. Eine Antwort auf solche Frage kann leicht die quantitative Feinheitsbestimmung des Durchschnitts des feinkörnigen Körpers geben, wozu die Zeiss-Thomakammer sehr geeignet ist.

Ich arbeitete meist folgendermaßen: 0,1–5 g der zu prüfenden Substanz — je nach spezifischem Gewicht und Feinheitsgrad — werden in einem 10 ccm-Meßzylinder mit dem entsprechenden Dispersionsmittel $\frac{1}{4}$ Stunde geschüttelt. Sofort werden davon mit der Mikropipette 0,01 ccm entnommen, die meist mit dem gleichen Dispersionsmittel auf 1 ccm verdünnt und wiederum $\frac{1}{4}$ Stunde geschüttelt werden. Nach dem Schütteln wird sofort ein Tropfen auf den Objektträger gebracht, mit dem Deckglas bedeckt und 1–12 Stunden gewartet, bis alle Teilchen sich auf dem Kammerboden abgesetzt haben, worauf jedesmal zu prüfen ist (siehe Vorschrift von Carl Zeiss: Thomakammer Mikro Nr. 111).

Bei geringer Übung ist die richtige Verdünnung bald zu treffen. Am geeignetsten fand ich, wenn 10–20 Teilchen pro 0,00025 cmm, d. h. 1 Feld vorhanden waren. Bei weniger als 3 Teilchen pro Feld ist die Zählung meist ungenau. Hauptsächlich ist vor der Zählung auf gleichmäßige Verteilung der Teilchen in der Kammer zu prüfen, was unerlässlich ist. Die gleichmäßige Verteilung ist durch das richtige Dispersionsmittel und die richtige Viskosität des Dispersionsmittels bedingt. Je nach dem spezifischen Gewicht und der Löslichkeit des zu untersuchenden Produktes

³¹³⁾ D. R. P. 268 827 (1913); Chem. Zentralbl. 1914, I, 435.

³¹⁴⁾ Außer den im Texte erwähnten Untersuchungen vgl. noch besonders die Mitteilungen von Erwin Achenbach, D. R. P. 276 354 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, II, 446; F. G. Cottrell, J. of Physical Chem. 18, 85 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, I, 2034; H. Hanemann, Z. anorg. Chem. 84, 1 (1913); Chem. Zentralbl. 1914, I, 1484; Henry M. Howe, Ferrum 11, 170 u. 193 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, I, 2142; Angew. Chem. 27, II, 45 [1914] und Otto Ruff, Z. anorg. Chem. 89, 39 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, II, 1341.

³¹⁵⁾ Z. anorg. Chem. 86, 291 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, I, 1547.

³¹⁶⁾ Ber. 47, 780 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, I, 1332.

³¹⁷⁾ J. Chem. Soc. 105, 2162 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, II, 1423.

³¹⁸⁾ J. Chim. phys. 12, 432 (1914); Chem. Zentralbl. 1914, II, 973.

nahm ich reines dickes Leinöl, Terpentinöl, Glycerin, Wasser oder verschiedene Mischungen der entsprechenden Flüssigkeiten. Eine 550 fache Vergrößerung hat für alle meine Proben genügt. Ich habe selten alle 256 Felder der Zeiss-Thomakammer ausgezählt, meist nur die Diagonalen, d. h. 32 Felder, je nachdem die gefundenen Teilchenzahlen pro Feld untereinander übereinstimmten.

Liegen die kleinsten Teilchen frei und einzeln, und sind die manchmal am Deckglas adhären den Teilchen mittels Netzmikrometer mitgezählt, so sind die Zählungen sehr genau. Enthielt das Produkt neben feinsten freien Teilchen (Krystalle) Klümpchen (Krystalldrusen), so ergaben wiederholte Zählungen solcher Produkte neben guter Übereinstimmung nie mehr als —4% Differenz. Das ist eine Genauigkeit, die für viele praktische Zwecke vollauf genügt und einen quantitativen Vergleich verschiedener Fällungsmethoden, Mahl- und Schlämmprodukte gestattet.

Im folgenden führe ich Beispiele an von Zählungen einiger

- I. Mahlprodukte,
- II. Schlämmprodukte,
- III. Fällungsprodukte.

I.

Soweit mir bekannt ist, gibt es keine Methode, die die Mahlfineinheit resp. Mahlwirkung verschiedener Maschinen zahlenmäßig genau verfolgen läßt. Das fraktionierte Absieben mit verschieden feiner Gaze ist zu ungenau und versagt bei sehr feinen Substanzen gänzlich. Ebenso grob ist das Trennen feinerer Teilchen mittels Zentrifugalkraft oder mittels Separation durch Wind. Eine zuverlässige Bestimmung des Feinheitsgrades ist aber oft wichtig, z. B. beim Einkauf solcher Handelswaren.

Die im folgenden angegebenen Zahlen des Feinheitsgrades besagen, aus wieviel Milliarden Teilchen 1 g Substanz besteht.

Die Schwerspateilchen einer ersten Mahlung wurden durch eine zweite Mahlung in 3 Teile, durch eine dritte Mahlung in 4 Teile zertrümmert. Der Schwerspat hatte so eine technisch gute Feinheit erhalten.

1 g Schwerspat 1 mal gemahlen enthält 4,5 · 10⁹ Teilchen,
1 „ „ 2 „ „ „ 12 · 10⁹ „
1 „ „ 3 „ „ „ 18,4 · 10⁹ „

Die Lithoponesorten werden meist, um einen Anhalt für ihre Qualität als Anstrichfarbe zu haben, nach ihrem Gehalt an Zinksulfid verkauft. Wie unsicher ihre Brauchbarkeit dadurch charakterisiert ist, ersieht man aus den folgenden Daten. Die erste Sorte hat geringen Wert, während die dritte Lithopone eine vorzügliche Marke darstellt.

Lithopone mit 30% Zinksulfid 74 · 10⁹ Teilchen
„ „ 30 „ „ 200 · 10⁹ „
„ „ 30 „ „ 372 · 10⁹ „

Ihre Durchschnittsteilchengröße verhält sich also wie 5 : 3 : 1.

Die Ausgiebigkeit zweier Farben vergleicht man meist derart, daß man gleiche Mengen davon mit einer bestimmten Menge eines weißen Körpers in der Reibschale innig durchreibt. Dabei wird aber die Farbe selbst weiter zerrieben. Nun kann aber eine Farbe einmal in Form von feinen Krystallnadeln vorliegen, die leicht zertrümmert werden, das andere Mal in kleinen Klümpchen, die dem Zerreiben einen größeren Widerstand entgegensetzen. Man kann also bei gleichem Feinheitsgrad zu verschiedenen Resultaten kommen; ganz abgesehen von der unkontrollierbaren Größe der aufgewendeten Kraft beim Durchreiben beider Proben.

Auch hier gibt die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer einen einwandfreien zahlenmäßigen Begriff der Ausgiebigkeit.

Als Beispiel zwei chemisch gleiche rote Farben verschiedener Fabriken:

Litholechtscharlach R im Pulver . . . 470 · 10⁹ Teilchen
Helioechtrot RL extra im Pulver . . 732 · 10⁹ „

Wenn man die Theorie zugrunde legt, daß mit dem Feinheitsgrad einer Farbe auch die Nuance wechselt, daß die kleineren Teilchen mehr kurzwelliges Licht reflektieren, die größeren mehr langwelliges Licht, so würden die folgenden Farben unter sich die Theorie bestätigen.

Zinnoberrot, gelbstichig 286 · 10⁹ Teilchen
„ blaustichig 20 · 10⁹ „

Dagegen widersprechen der Theorie folgende gute Ultramarinblaus:

Ultramarinblau, rotstichig 56 · 10⁹ Teilchen
„ grünstichig 544 · 10⁹ „

Es werden mineralische Farben verwendet, die Krystallwasser und auch organische Substanz enthalten. Wird nun durch Brennen das Krystallwasser vertrieben und die organische Substanz zerstört, so muß eine Lockerung der Teilchen eintreten, wenn das Erhitzen nicht bis zum Sintern gesteigert wird. Das bestätigt die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer bei der Terra di Siena:

Terra di Siena naturell 128 · 10⁹ Teilchen
„ „ „ gebrannt 220 · 10⁹ „

Es wurde also durch das Brennen ein Teilchen in zwei gespalten.

Auch größere Verunreinigungen oder Verschnitte lassen sich annähernd quantitativ bei einigen Farben, bei denen ein hoher Feinheitsgrad bekannt ist, mittels der Zeiss-Thomakammerzählung erkennen, wenn der Zusatz eine wesentlich gröbere Struktur hat. Vermischte ich ein reines Eisenoxyd mit Gips im Verhältnis von 3 : 4, so erhielt ich bei der Zählung folgende Resultate:

Eisenoxyd rein 308 · 10⁹ Teilchen
Gips 10,9 · 10⁹ „
Mischung 3 : 4 133 · 10⁹ „
(berechnet 138 · 10⁹ „)

II.

Heute versucht die Industrie, ohne das umständliche, platz- und zeitraubende Schlämmen auszukommen, indem sie lieber brauchbare Zerkleinerungs- und Siebmashinen benutzt. Deshalb trifft man gegen früher im Handel selten geschlämmte Produkte an. Mir standen nur verschiedene Schlämmprodukte eines Ockers zur Verfügung. Auch hier gibt die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer die zahlenmäßige Steigerung des Feinheitsgrades durch Schlämmen einwandfrei an. Im Durchschnitt sind die Teilchen des II. Gefäßes zehnmal schwerer als die des V. Gefäßes.

II. Schlämmgefäß 30,1 · 10⁹ Teilchen
III. „ 120 · 10⁹ „
V. „ 307 · 10⁹ „

III.

Weit zahlreicher ist die Anwendungsmöglichkeit der Zeiss-Thomakammer zur Zählung bei Fällungen und bei der Beurteilung der verschiedenen Fällungsmethoden. Wenn auch meist qualitativ die Wirkungen der verschiedenen physikalischen Bedingungen bekannt sind, so liegen meines Wissens außer bei einigen Untersuchungen von Kolloiden keine vergleichende quantitative Daten vor.

So zuerst die Verdünnung. Zwei Chromgelbe waren bei verschiedener Verdünnung gefällt worden. Wenn auch beim Aufstrich auf Glas kaum ein Feinheitsunterschied festzustellen war, verhielten sich die Chromgelbe aber in anderen Beziehungen verschieden. Die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer gab präzise über die Wirkung der verschiedenen Verdünnungen Aufschluß.

Chromgelb, Endverdünnung 1,15 g in
100 ccm 615 · 10⁹ Teilchen
Chromgelb, Endverdünnung 0,192 g in
100 ccm 414 · 10⁹ Teilchen

Die verdünnt gefällten Teilchen waren im Durchschnitt um die Hälfte schwerer und größer als die konzentrierter gefällten.

Den Einfluß der Temperatur, mithin der Reaktionsgeschwindigkeit, maß ich mittels der Zeiss-Thomakammer beim Blancfix. Es ist eine alte Erfahrung, daß sich BaSO_4 heiß gefällt schneller absetzt und leichter auswaschen läßt, als kalt gefällt. Die Zählung bestätigt, daß die Dichte der heißgefällten Teilchen dreimal größer ist, als die der kalt, aber bei sonst gleichen Bedingungen gefällten Krystalle.

BaSO_4 kalt gefällt 69,3 · 10⁹ Teilchen
 BaSO_4 heiß gefällt 22,3 · 10⁹ „

Ebenso weiß jeder Analytiker, daß Niederschläge durch längeres Absitzenlassen dichter werden, mithin sich besser filtrieren lassen. Ließ ich obige kalte Fällung von BaSO_4 24 Stunden ruhig stehen, so fehlten im mikroskopischen Bild alle feinsten Teilchen. Sie hatten sich entsprechend dem Krystallisationsvorgang an die größeren Krystalle fest angelagert und waren durch intensives Schütteln nicht wieder zu trennen, und zwar hatten sich im Durchschnitt 6 Teilchen zu 4 vereinigt.

BaSO_4 sofort gezählt 69,3 · 10⁹ Teilchen
 BaSO_4 nach dem Absitzen gezählt . . 46,4 · 10⁹ „

Bleichromat ist in mäßig saurem, alkalischem und neutralem Wasser praktisch unlöslich. Doch ergeben die entsprechenden Fällungen bei sonst gleichen Bedingungen durchaus verschiedene Produkte. Und zwar zeigte die Zählung, daß Bleichromat aus neutraler Lösung am feinstkrystallinischsten ausfiel, daß in saurer Lösung die Krystalle um die Hälfte größer, in alkalischer Lösung um das Zwölfwache an Gewicht gewachsen waren.

Chromgelb (= 100% PbCrO_4) neutrale

Endreaktion 615 · 10⁹ Teilchen

Chromgelb (= 100% PbCrO_4) saure Endreaktion 427 · 10⁹ „

Chromgelb (= 100% PbCrO_4) alkalische Endreaktion 48,5 · 10⁹ „

Zahlenmäßig läßt sich ferner mittels der Zeiss-Thomakammer die Wirkung von Schutzkolloiden auf die Fällung von großkrystallinen Körpern bestimmen. Als Beispiel sei ein Chromgelb angeführt. Das Chromgelb wurde einmal nach gewöhnlicher Methode gefällt, wobei sich sofort lange Krystallnadeln bildeten. Das andere Mal fand die Fällung unter Benutzung von 10% (bezogen auf Chromgelb) eines Schutzkolloides statt. Frisch gefällt zeigte der größte Teil der Chromgelbteilchen unter dem Mikroskop (Paraboloidkondensor) lebhaft Brownsche Bewegung. Nach 24 Stunden hatten sich fast alle kolloiden Chromgelbteilchen zu größeren Aggregaten (Krystallen) vereinigt; hierauf wurde die Zählung vorgenommen. Ich fand, daß durch die Wirkung des Schutzkolloides die Teilchen nach dem Absitzenlassen noch halbes Gewicht gegen die des ersten Versuches hatten.

Chromgelb ohne Schutzkolloid gefällt . 384 · 10⁹ Teilchen
 Chromgelb mit Schutzkolloid gefällt . 787 · 10⁹ „

Über den Einfluß von Elektrolyten auf Kolloide konnte ich durch Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer quantitative Belege erhalten.

Stahlblau (= Berlinerblau) wurde in saurer Lösung gefällt, dann mit Wasser so lange gewaschen, bis es völlig neutral war. Das Blau lief durch Filterpapier durch. Alle Teilchen zeigten bei Dunkelfeldbeleuchtung lebhaft Brownsche Bewegung. Durch geringen Zusatz von Schwefelsäure hört sofort die Brownsche Bewegung auf, das Blau ist filtrierbar geworden. Die Zählung ergab, daß sich 3 Teilchen zu 1 vereinigt hatten.

Stahlblau, neutral, ca. 2000 · 10⁹ Teilchen
 „ Elektrolyt 615 · 10⁹ „

Es ist bekannt, daß Teigfarben, die im Winter gefroren waren, sich nach dem Auftauen nie wieder in die frühere feine Verteilung bringen lassen und so für viele Verwendungszwecke unbrauchbar geworden sind. Die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer ergab bei einer Anilinfarbe im Teig, daß sich 30 Teilchen fest zu einem vereinigt hatten.

Teigfarbe, frisch hergestellt 240 · 10⁹ Teilchen
 Teigfarbe, gefroren und wieder aufgetaut . 8 · 10⁹ „

Ähnlich dem Gefrierprozeß wirkt das Trocknen einer gefällten nassen Substanz. Auch hier läßt sich nach

dem Trocknen durch Anfeuchten oder intensives Reiben in Wasser nie der frühere Feinheitsgrad erreichen. Je größer vorher die Dispersion war, desto schwieriger ist nach dem Trocknen die Zerkleinerung. Auch hier gibt die Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer einen zahlenmäßigen Begriff.

Das oben erwähnte neutrale Stahlblau ließ ich eintrocknen und dann in der Reibschale $\frac{1}{2}$ Stunde stark reiben, so daß es so fein wie die besten Handelsorten wurde. Stahlblau im Teig, neutral 2000 · 10⁹ Teilchen
 Stahlblau getrocknet und fein zerrieben 266 · 10⁹ „
 Es war also durch Reiben nur der 8. Teil des früheren Feinheitsgrades erreicht worden.

Blancfix, das viel mehr großkrystallin als Stahlblau ist, hatte unter gleichen Bedingungen den 3. Teil des früheren Feinheitsgrades erhalten (eine andere wie die oben erwähnte Sorte).

1 g Blancfix im Teig enthält 555 · 10⁹ Teilchen

1 „ „ getrocknet und fein zerrieben enthält 186 · 10⁹ „

Außer bei Farben ist aber auch bei anderen technischen Produkten die genaue Beurteilung der Kornfeinheit von Wichtigkeit; eben überall dort, wo die höhere Kornfeinheit von Nutzen ist, wo durch sie innigere Mischung erzielt wird, und dadurch die unlöslichen Körper besser miteinander reagieren können, z. B. bei Sprengstoffen, Thermiten, Rohmaterialien für Porzellane, hochfeuerfesten Produkten, Nahrungsmitteln, Gewürzen, Medikamenten, Kolloiden usw. Auch dort, wo durch höhere Kornfeinheit die Absorptionskraft gesteigert wird, wie bei Blutkohlen, Tonen; oder wo Feinheit des Kornes Glanz und Härte bedingt: bei Glanzpapieren, Zementen, Polier- und Schleifmitteln, und bei vielen anderen Produkten.

Sind die Teilchen zu grob für die Zeiss-Thomakammer, so stehen andere tiefere Kammern mit gröberer Teilung und weiteren Pipetten zur Verfügung.

Es ist erstaunlich, mit welchen Mengen von Teilchen man es bei Strichfarben zu tun hat. 1 g Flammenruß vom spez. Gew. 1,57 enthält 960 Milliarden Teilchen. Ein Durchschnittsteilchen wiegt also $1,04 \cdot 10^{-12}$ g, hat ein Volumen von $0,66 \mu^3$, als Kugel gedacht einen Durchmesser von $1,08 \mu$ und besteht doch noch aus 26 Milliarden Molekülen Kohlenstoff. Könnte man die Teilchen von 1 g Flammenruß wie Perlen an eine Schnur reihen, so ergäbe das eine Perlenschnur von 1040 km Länge, das ist die ungefähre Entfernung von Frankfurt a. M. bis Tilsit oder von Berlin nach Wien und zurück.

Die Fetttropfchen in gewöhnlicher Kuhmilch haben einen doppelt so großen Durchmesser wie ein solches Durchschnittsteilchen des Flammenrußes, ein menschliches rotes Blutkörperchen hat einen 700 mal größeren und ein Regenwolkenröpfchen sogar einen bis 2000 mal größeren Durchmesser.

Erst das 300 fache Gewicht an Alkali oder das 2000 fache Gewicht an Säure gibt eine sichtbare Reaktion mit Lackmus. Das 700 fache Gewicht an Natrium läßt sich eben noch spektralanalytisch nachweisen, und auf der empfindlichsten Mikrowage würden erst 4000 solcher Flammenrußteilchen einen Ausschlag geben, während zum chemischen Nachweis von Magnesium als phosphorsaure Ammoniakmagnesia sogar das 20 000 fache Gewicht nötig ist.

Aber der Wert der Zählung mittels der Zeiss-Thomakammer liegt nicht nur in der Erkenntnis der feinen Verteilung und Größe, sondern vornehmlich darin, daß man noch Zunahme an Längenmaßen, Gewicht und Volumen feststellen kann, die mit unseren schärfsten Hilfsmitteln nicht direkt zu bestimmen sind.

Nehmen wir als Beispiel nur ein mittelfeines Chromgelb, spez. Gew. 6,0, das unter zwei verschiedenen physikalischen Bedingungen gefällt wurde, und das einmal pro 1 g aus $384 \cdot 10^9$ Teilchen bestand, das andere Mal aus $324 \cdot 10^9$ Teilchen. Wir haben da mit großer Genauigkeit, da es sich um Durchschnittsmaße von Milliarden handelt, eine Zunahme des Durchmessers um $0,000\,05$ mm, eine Gewichtszunahme von $0,000\,000\,000\,4$ mg und eine Volumzunahme $0,000\,000\,000\,1$ cmm pro Teilchen mit einfachen Mitteln gefunden.

[A. 3.]