

Technische Universität
Carolo-Wilhelmina Braunschweig

Fachbereich 2: Diplom-Chemie
Physikalische Chemie

Kolloidchemie

Carolin Nienhagen, MatrNr.: 2770783

Maja Kandula, MatrNr.: 2791678

PC V: Grenzflächen- und Kolloidchemie

Rudolf Tuckermann

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
1. Einleitung	
1.1 Definition ¹	4
1.2 Geschichte ²	5-7
1.3 Einteilung kolloider Systeme ²	7-11
2 Herstellung und wichtige Eigenschaften von Kolloiden	
2.1 Herstellung ¹	11-13
2.2 Lichteffekte ¹	13-17
2.3 Elektrophorese ²	17-20
3 Anwendungsbereiche¹	20-22
4 Literatur- und Quellenverzeichnis	23-24

Abbildungsverzeichnis

¹ Autor: Carolin Nienhagen

² Autor: Maja Kandula

Abb.1: Größenspektrum natürlicher und anthropogener Teilchen	3
Abb.2: Thomas Graham	4
Abb.3: Hermann Staudinger	4
Abb.4: Mikroskopaufnahmen von Kolloidteilchen	6
Abb.5: Kristallgitter von Kupfer	12
Abb.6: Absorptionsspektrum	14
Abb.7: Lycurgus-Kelch	15
Abb.8: Tyndall-Effekt	15
Abb.9: Darstellung eines Partikel mit Ionenhülle	16
Abb.10: Doppelschicht rings um ein Partikel	17
Abb.11: Mikroelektrophoreseapparatur	18
Abb.12: Computergrafik der Lotusblatt Oberfläche	20
Abb.13: Flüssigkeitstropfen auf einer superhydrophoben Oberfläche	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung nach Aggregatzustand	7
--	---

1 Einleitung

1. 1 Definition und Einteilung kolloider Systeme

Kolloidale Systeme bestehen aus einer dispersen Phase, die fein verteilt im Dispersionsmittel vorliegt. Kolloide sind somit Teilchen, die groß genug sind, um keine Quanteneigenschaften mehr aufzuweisen, aber klein genug, damit ihre Bewegung von der Thermodynamik dominiert wird. Typischerweise, wenn die Dimension der dispersen Phase innerhalb der Größenordnung 1-1000 nm, das heißt 10 \AA und $1 \mu\text{m}$, liegen. Kolloide können fest, flüssig oder gasförmig in einem anderen Stoff (dem Dispersionsmittel) verteilt sein, zum Beispiel in Seifenlaugen und Lacken.

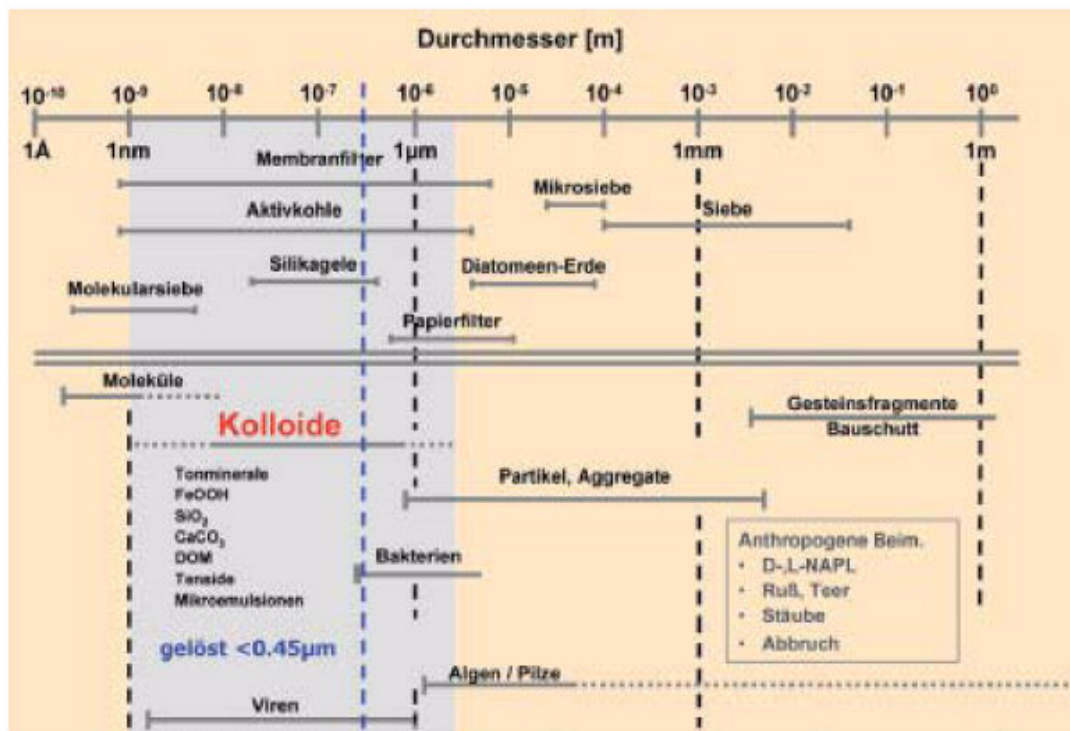
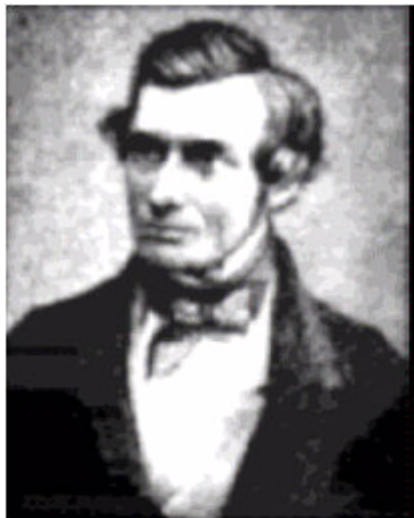


Abb.1: Größenspektrum natürlicher und anthropogener Teilchen. Blau unterlegt ist der Bereich der Kolloide. [9]

1.2 Geschichte

Als Begründer der Kolloidchemie wird seit dem Jahre 1861 der britische Chemiker und Physiker Thomas Graham angesehen, er gab diesem Teilgebiet der Chemie ihren Namen. Dieser stammt von dem griechischen Namen "leimartig" ab, und wurde gewählt, da die Gruppe von Substanzen

leimähnliche Eigenschaften aufwies.



Thomas Graham
(1805-1869)

Abb.2 [11]



Abb.3:Hermann Staudinger (1881-1965) [10]

Vor ihm hatten sich jedoch schon zahlreiche andere Wissenschaftler mit dem Phänomen der "unechten" Lösungen beschäftigt.

Bereits 1847 entdeckte Selmi, dass es Lösungen von z. B. Preußischblau oder Casein gab deren aufgeschlammte Substanz unsichtbar war. Berzelius sprach bei As_2S_3 -Lösungen von unsichtbaren Teilchen, Faraday stellte 1857 rote Goldsalz-Lösungen her, die im Lichtkegel grün erschienen.

Diese Goldsolen stellten schon die Alchemisten her, wie das Goldrubinglas, das Joh. Kunkel Ende des 17. Jhd bekannt machte. Alle diese Entdeckung sind schon vor Graham gemacht worden, Graham hat aber die wesentlichen Eigenschaften der Kolloide ausmachen und experimentell belegen können. Er beschäftigte sich mit Adsorption, Osmose, Diffusion und Dialyse, dabei entdeckte er, dass es Teilchen gibt, die durch die Tierhaut diffundieren, andere aber nicht. Es musste also Teilchen geben, die größer sind als anorganische Salze und die Poren der Membrane, ausserdem hatten diese Teilchen eine kleinere Diffusionsgeschwindigkeit.

Aufgrund dieses Versuches teilte er die Teilchen in Kristalloide und Kolloide ein, wobei ersteres in Lösung in kleine Teilchen zerfallen und somit diffundieren kann, letztere sollten hingegen nicht kristallisieren können.

Später ist erkannt worden, dass auch Kolloide kristallisieren können, Wissenschaftler vermuteten darin besondere Modifikationen, wie z.B. bei Schwefel oder Selen als Ursache.

In der Zeit von 1870 bis 1910 wurde den Eigenschaften der Kolloide große Aufmerksamkeit gewidmet. 1869 beschäftigte sich Tyndall mit der von Faraday entdeckten Lichtstreuung. Die als Tyndall-Effekt bekannte Erscheinung wurde kurze Zeit später von Lord Rayleigh aufgeklärt.

Ende des 19. Jahrhunderts kam die Streitfrage der Einteilung der Kolloide auf. Sie besaßen einerseits Eigenschaften, die zu den "echten" Lösungen zählten, wie keine Erkennung kleiner Partikel, osmotische Erscheinungen und Diffusion, andererseits verhielten sie sich aber wie Suspensionen zerteilter Materie, so konnten sie z.B. Licht streuen und nicht durch Membrane diffundieren. Weiterhin besaßen sie Eigenschaften die in kein Gebiet einzuteilen waren. Barus und Schneider (1891) tendierten zur Suspension, Picton und Lindner (1892) bevorzugten die Lösungstheorie. Mit dem Aufkommen der physikalische Chemie hieß dann die Frage: Handelt es sich um homogene oder heterogene Systeme?

1903 kam dann die Lösung von Zsigmondy, der mit Siedentopf das Ultramikroskop erfand und nun in der Lage war Kolloide sichtbar zu machen.

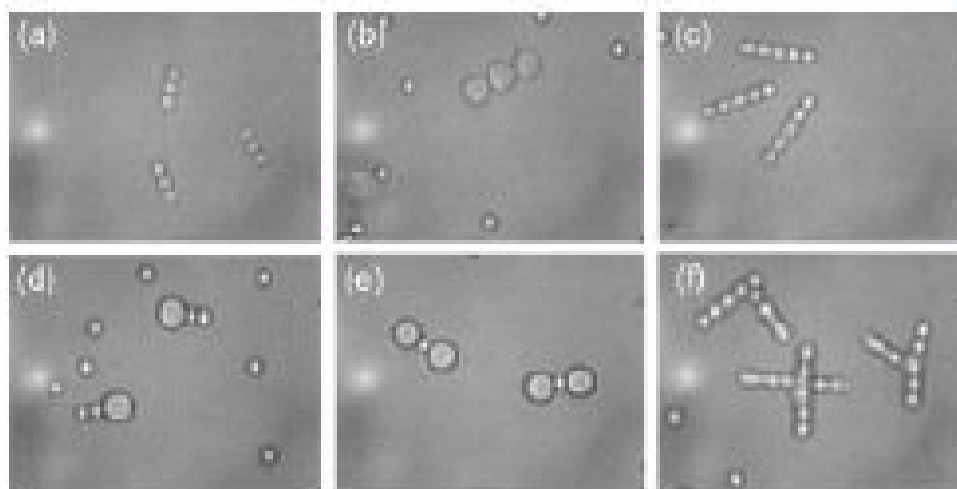


Abb.4: Mikroskopaufnahmen von homogenen (a,b,c,f) und heterogenen (d,e) Kolloidteilchen [8]

Somit schritt nicht nur die Kolloidwissenschaft voran, sondern auch in Gebieten der kinetischen Theorie tat sich etwas. Es war nun möglich

Konzentration, Volumen, Größe der Teilchen zu bestimmen und "echte" von kolloiden Lösungen unterscheiden.

Es wurde sogar die Bewegung der Teilchen beobachtet, die nach dem Botaniker R. Brown benannt wurde. Deren Geschwindigkeit sollte mit Hilfe der Boltzmann-Verteilung berechnet werden, sie stimmte jedoch nicht mit den Experimenten überein. Die Geschwindigkeit war viel kleiner als berechnet, erst Einstein und Smoluchowski stellten die Gleichung richtig, die aufgrund der schnellen, zitternden Bewegungen eine Verschiebung beim Beobachter auslöste. Somit stimmte die kinetische Theorie wieder und damit ließ sich sogar von J. Perrin oder später Th. Svedberg die Loschidsche Zahl bestimmen. Durch die Dimensionsbestimmung ließ sich jetzt auch ein Größenbereich für Kolloide festlegen, der zwangsläufig willkürlich gewählt wurde, da die kolloiden Eigenschaften über diese Grenzen fließend hinaustraten. Anschließend wurden noch viele Vorschläge zur Unterteilung der Kolloide gemacht, wobei sich die Einteilung nach Staudinger durchsetzte.

1.3 Einteilung der kolloiden Systeme:

Es gibt mehrere Möglichkeiten kolloide Systeme nach ihren Eigenschaften einzuteilen. Dabei kommen durchaus schon mal Überschneidungen vor. Die Kolloide werden nach Aggregatzustand, nach Gestalt und ihrem Verhalten in Lösung eingeteilt. Hier ist eine kurze Auflistung der Vorschläge, die einige Wissenschaftler im Laufe der Zeit gegeben haben.

- Einteilung nach Aggregatzustand:

Hierbei wird nur nach dispergierter Substanz und Dispersionsmittel unterschieden, in ihrem jeweiligen Aggregatzuständen.

Diese Einteilung wurde erstmals von Wo. Ostwald vorgenommen und beschreibt sämtliche Makro- und Mikrostrukturen der realen Materie, wobei viele in der Natur weit verbreitet sind. Ein Defizit dieser Aufteilung ergibt sich jedoch, wenn versucht wird die Makromoleküle einzuordnen. Denn einem Molekül kann kein Aggregatzustand zugewiesen werden.

Dispersionsmittel	dispergierte Substanz	Bezeichnung	Beispiele
gasförmig	gasförmig	-----	nicht realisierbar
	flüssig	Aerosol	Nebel
	fest	Aerosol	Rauch, Staub
flüssig	gasförmig	Schaum	Schaum
	flüssig	Emulsion	nat.u.techn.
	fest	Dispersion	Emulsionen meistens kolloide Systeme
fest	gasförmig	fester Schaum	Gasförmige,
	flüssig	fester Schaum	flüssige,
	fest	feste Sole/Vitreosole	Mineralien mit festen Einschlüssen (Gläser, Legierungen)

Tabelle 1 : Einteilung nach Aggregatzustand

- Einteilung nach Form und Gestalt:

Aus Sicht der Morphologie eines Kolloids aus, unterscheiden sich die Teilchen in Länge Breite und Höhe, also in ihrer Gestalt. Mit Hilfe der drei Raumkoordinaten werden Kolloide eingeteilt in

1. Sphärenkolloide, globulare oder korpuskulare Kolloide; ihre Ausdehnung ist in alle Raumrichtungen gleich, also isometrisch, es sind meist Kugeln oder Würfel.
2. Linearkolloide oder fibrillare Kolloide; in diesem Fall sind die Teilchen in eine Richtung gedehnt, es entstehen Formen wie Ellipsoide, Prismen, Stäbchen, Stange und Fäden

3. Laminarkolloide; diese sind in einer Raumrichtung verkürzt, so entstehen Scheibenformen, Plättchen, Filme und Lamellen

Die unter Punkt 2. und 3. genannten Kolloide werden als anisometrisch bezeichnet.

- Einteilung in organische und anorganische Kolloide:

Diese Aufteilung mag für einige im jeweiligen Gebiet arbeitende Wissenschaftler ganz interessant sein, nützlich im Bezug auf die Einteilung in verschiedene Eigenschaften ist sie jedoch nicht.

- Einteilung nach lyophoben und lyophilen Kolloide:

Die Idee hierzu kam von Perrin und Freundlich und bezieht sich auf die Überführung in den kolloiden Zustand. Kolloide werden als lyophil, also lösungsliebend bezeichnet, wenn sie ohne weiteres in Lösung gehen. Das heißt, es herrschen starke Wechselwirkungen zwischen Kolloid und Dispersionsmittel, bei lyophoben Kolloiden liegt entsprechend das Gegenteil vor. Lyophil bzw. lyophob beinhaltet auch die Empfindlichkeit gegen Elektrolyte, Irreversibilität und Reversibilität die Zustandsänderungen, thermodynamische Stabilität und auch Struktur und Bindungszustand. Anorganische Kolloide sind meist lyophob, organische lyophil, dies gilt jedoch nicht allgemein. Die Klasse der lyophoben Kolloide bildet eine einheitliche Gruppe, während die lyophilen Kolloide noch unterteilt werden können. Zu ihnen gehören Assoziationskolloide und Makromoleküle, die sich in der Ursache ihres kolloiden Zustands unterscheiden.

- Einteilung in reversible und irreversible Kolloide:

Je nachdem ob sich ein Kolloid reversibel oder irreversibel aus dem kolloiden Zustand abscheiden lässt, wird er bezüglich seiner thermodynamischen

Stabilität eingeordnet. Dieses Prinzip kommt von H.R.Kruyt und ist mit dem der lyophoben und lyophilen Kolloide vergleichbar. Daher muss hier ebenfalls noch mal unterschieden werden, da die reversiblen Systeme nicht einheitlich sind.

- Einteilung nach Staudinger:

Staudinger war der Auffassung, dass eine Dreiteilung eine homogene Klassifizierung gewährleisten würde, die die voran vorgestellten Einteilungen nicht erbringen konnten. Diese Einteilung hat sich bis heute durchgesetzt. Er unterschied zwischen Dispersionskolloiden, Assoziationskolloiden und Makromolekülen, dabei hatte er die jeweiligen Bindungsarten im Blick:

Dispersionskolloide:

Hier befinden sich die Teilchen nicht im thermodynamischen Gleichgewicht. Sie werden nur zwangsweise in einen kolloiden Zustand versetzt, sei es durch Zerkleinerung, Kondensation oder Peptisation. Zu ihnen werden elementare Metalle, schwerlösliche Halogenide, Arsenide, Oxide und Sulfide gezählt, also meist lyophobe Teilchen. Sie neigen anschließend zur Auflösung oder Aggregation und lassen sich nur mit elektrostatischen oder sterisch anspruchsvollen Schutzkolloiden stabilisieren.

Assoziationskolloide:

Im Gegensatz zu den Dispersionskolloiden, stehen diese im thermodynamischen Gleichgewicht, es sind meist Emulgatoren, Seifen, Tenside, Farbstoffe oder Mizellen. Sie stabilisieren sich selbstständig durch ihren Aufbau, indem sie sphärische Gebilde und Doppelschichten bilden.

Makromoleküle:

Dies sind meist lyophile Teilchen, wie z.B. bei Eiweißen, Gummiarabikum oder Stärke, die über ca. 100 Bindungen miteinander verknüpft sind.

2 Herstellung und wichtige Eigenschaften der Kolloide

2.1 Herstellung

Es gibt zwei Möglichkeiten Kolloide herzustellen. Einmal können bereits vorhandene Substanzen mechanisch, durch so genannte Kolloidmühlen, oder mit Hilfe von Strom elektrisch, auf kolloidale Teilchengröße zerkleinert werden. Dieses Verfahren wird Dispergiervfahren genannt. Wird der Vorgang bis zur kolloidalen Größe der Teilchen fortgesetzt, so ist die Zunahme an freier Energie durch das Produkt aus Oberflächenspannung und Oberflächengröße der neu gebildeten Oberfläche gegeben. Der Mahlprozess hängt von der Oberflächenspannung des Produktes ab. Dabei tritt das Problem auf, dass die entstandenen Teilchen aneinander haften. Darum wird die Oberflächenspannung durch Eintauchen in eine Flüssigkeit erniedrigt. Dieses Verhalten wird im nachstehenden Versuch ausgenutzt. Zum anderen können Moleküle zu Substanzen kolloidaler Größenordnung vereinigt werden, indem die Moleküle, die im Lösungsmittel praktisch unlöslich sind, durch chemische Reaktion erhalten werden. Dieses Verfahren wird Kondensationsverfahren genannt.

Im Versuch „Elektrische Zerstäubung von Silber“ wird das Dispergiervfahren angewendet.

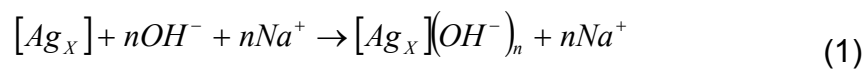
Hierzu werden Transformator (bis ca. 110 V und 6 A), Widerstand (bis ca. 30Ω),

3 elektrische Kabel, Becherglas (100 ml), 2 Stativstangen mit Platten, 2 Doppelmuffen, 2 Stativklammern, Magnetrührer, Rührfisch, 2 Klemmen, 2 Silberdrähte (ca. 15 cm, \varnothing ca. 1,5 mm), verdünnte Natronlauge und Wasser

benötigt.

Das Becherglas wird mit Wasser und etwas verdünnter Natronlauge auf ca. 50 ml aufgefüllt. Die zwei Silberdrähte werden hineingehängt und mit den Klemmen an den Stativstangen, in einem Abstand von 2- 3 mm in der Lösung, befestigt. Die Silberelektroden werden an den Wechselstromkreis angeschlossen, indem die rechte Krokodilklemme mit dem Widerstand, dieser dann wiederum mit dem Transformator und dieser dann mit der linken Klemme verbunden wird, so dass sich ein geschlossener Kreislauf ergibt.

Es wird eine Spannung von ca. 110 V angelegt und so viel Widerstand (ca. 25Ω) eingestellt, so dass etwa ein Strom von 5 A fließt. Unter Rühren wird kurzzeitig durch berühren der Elektrodenspitzen ein Kurzschluss verursacht, der durch Funkenschlag zu erkennen ist. Der Vorgang, bei dem außerdem kleine graue Wölkchen von dispergiertem Silber zu erkennen sind, muss mehrfach wiederholt werden, bis eine gräuliche Lösung entstanden ist.



Bei der Reaktion lagern sich die Hydroxid- Ionen der Natronlauge an die Silberatome und bilden eine Kugelform. Sie kristallisieren in der kubisch- flächenzentrierten Kristallstruktur.

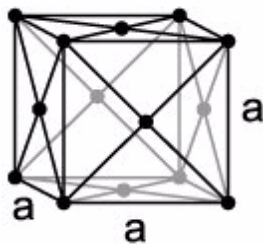


Abb. 5: Kubisch- flächenzentriertes Kristallgitter von Kupfer [7]

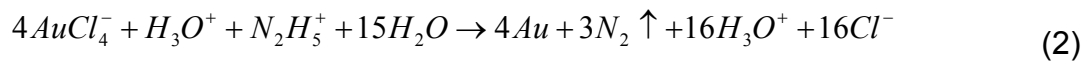
Beim kubisch- flächenzentrierten Gitter sind acht Atome auf den Ecken eines Würfels angeordnet. Zusätzlich befinden sich sechs Atome mittig auf den Würfelflächen, so dass bei Verbindung dieser ein Oktaeder entsteht.

2.2 Lichteffekte

Bei der Kondensationsmethode entstehen Aggregate von zunehmender Größe, bis die Teilchen kolloidale Größe erreicht haben. Damit keine Keime mit makroskopischer Größe entstehen, muss der Vorrat an gelösten Molekülen zu Ende gehen, solange die Teilchen noch kolloidale Größe haben. Dies geschieht, indem verdünnte Lösungen benutzt werden und die Bildung einer großen Anzahl von Keimen in sehr kurzer Zeit gegeben ist. Außerdem muss ein Stabilisierungsmechanismus gegeben sein. Werden die Kolloide in wässriger Lösung hergestellt, ist sie durch die Wechselwirkung der elektrischen Doppelschicht gegeben.

Im folgenden Versuch soll nach dieser Methode ein blaues Goldsol hergestellt werden. Es wird hergestellt durch Zugabe von 1ml Tetrachlorgoldsäure in 250ml Wasser. Davon wird etwas in das Reagenzglas gefüllt und vorsichtig tropfenweise Hydrazin hinzugefügt. Das blaue Goldsol entsteht sofort mit blau/ violetter Farbe.

Dabei entsteht erst elementares Gold und Stickstoff, der sich durch Bläschenbildung bemerkbar macht (2).



Die entstandenen Chlorid- Ionen werden nun an die elementaren Goldteilchen adsorbiert und es entsteht das negativ aufgeladene Goldsol mit dem Gegenion H_3O^+ .



Zum Vergleich wird noch ein rotes Goldsol hergestellt, um die Abhängigkeit der Farbe von der Teilchengröße zu diskutieren.

Es werden für das blaue Goldsol ein Reagenzglas, Pipette, Wasser, eine wässrige Lösung von Tetrachlorgoldsäure (0,2%- ig) und Hydrazinhydrat benötigt.

Zur Herstellung des roten Goldsol werden ein Magnetrührer, Becherglas (200ml), Messpipette (10ml), 2 Pipetten, pH- Papier, Glasstab, Rührfisch,

eine wässrige Lösung von Tetrachlorgoldsäure (0,2%-ig), wässrige Sodalösung (1%-ig), wässrige Tanninlösung (1%-ig) und Wasser.

Das rote Goldsol entsteht, indem 100ml Wasser mit 5ml der Tetrachlorgoldsäurelösung versetzt werden, durch die Zugabe der Sodalösung sorgfältig neutralisiert und das Gemisch vorsichtig bis zum Sieden erhitzt wird. Nun werden in Zeitabständen von dreißig Sekunden tropfenweise Tanninlösung, die frisch hergestellt ist, hinzugefügt.

Es entsteht langsam innerhalb weniger Minuten ein leuchtend tiefrotes Goldsol.

Hier ist Tannin das Reduktionsmittel.

Der Moment der Keimbildung ist generell entscheidend für die Größe eines Kolloids.

Beim blauen Goldsol steht in diesem Moment kein Stabilisator zur Verfügung, so dass sie sich die Keime zu größeren Aggregaten zusammenschließen müssen, um sich zu stabilisieren. Die Folge ist, dass wenige große Goldkolloidteilchen entstehen, die eine Größe von etwa 470 Å aufweisen.

Da beim roten Goldsol Tannin der Stabilisator ist, können die entstandenen Keime stabilisiert werden. Darum bilden sich viele kleine Teilchen, die eine Größe von 2 bis 150 Å manchmal sogar bis 250 Å besitzen.

Die Farbigkeit der Kolloide beruht auf der Lichtabsorption.

Die Elektronen der Atome verteilen sich auf einzelne Schalen, die zum Kern unterschiedliche Abstände haben. Die Elektronen der inneren Schale, also die die näher am Kern sind, haben die niedrigste Energie. Daraufhin haben die mit dem weitesten Abstand eine vergleichsweise hohe Energie. Unter der Lichtabsorption wird verstanden, dass ein Elektron einer kernnahen Schale durch Energiezufuhr in eine kernferne Schale angehoben wird. Es wird aber keine willkürliche Energie benötigt, sondern ein bestimmter Energiebetrag. Dieser Vorgang tritt ein, wenn das Atom von einem Photon getroffen wird, das genau die Energie besitzt, um das Elektron auf ein höheres Energieniveau anzuheben.

Somit wird das Atom vom Grundzustand in den Anregungszustand überführt.

Somit ist erklärt, dass ein Atom nur die Strahlung einiger bestimmter Wellenlängen absorbiert. Fällt das Elektron wieder in seinen Grundzustand zurück, gibt es die aufgewendete Energie in Form von Lichtstrahlen ab, wodurch das menschliche Auge Farben sieht.

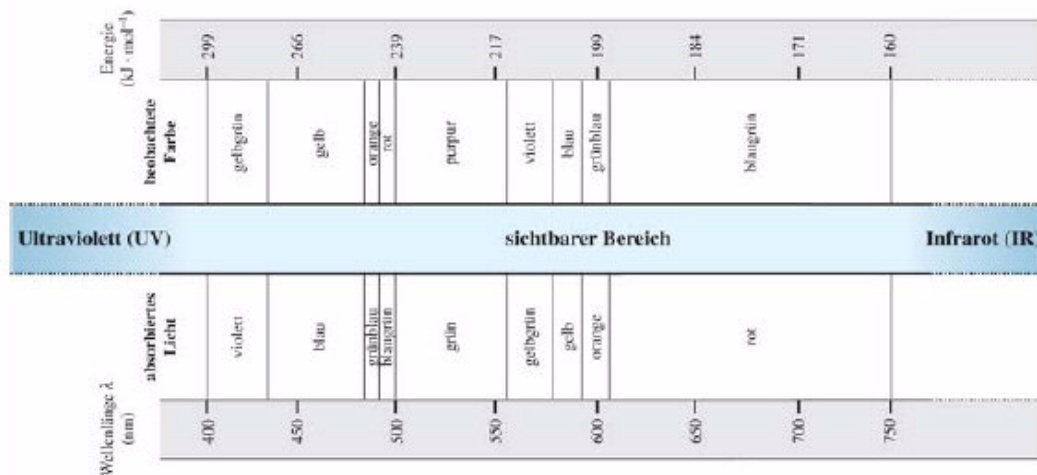


Abb. 6: Absorptionsspektrum [1]

Die Goldteilchen des roten Goldsols besitzen ein Absorptionsmaximum von 500 bis 550 nm. Die beiden Spektren, also das Spektrum der absorbierten Lichtwelle und der dazugehörigen Komplementärfarbe (vgl. Abb. 2) zeigen, dass für den Absorptionsbereich von 500 bis 550 nm die Komplementärfarbe rot ist, was sich deutlich in der Farbe des tiefroten Goldsols zeigt.

Ein anderes Beispiel für die ungewöhnliche Rotfärbung von Goldteilchen ist das Goldrubinglas.



Abb.7: Lycurgus-Kelch im Britischen Museum; Links im Tageslicht, rechts beleuchtet [12]

Lichtstreuung

Die ersten Versuche zur Lichtstreuung gehen auf Faraday zurück, der so die Existenz von kolloiden Teilchen im Labor bewies.

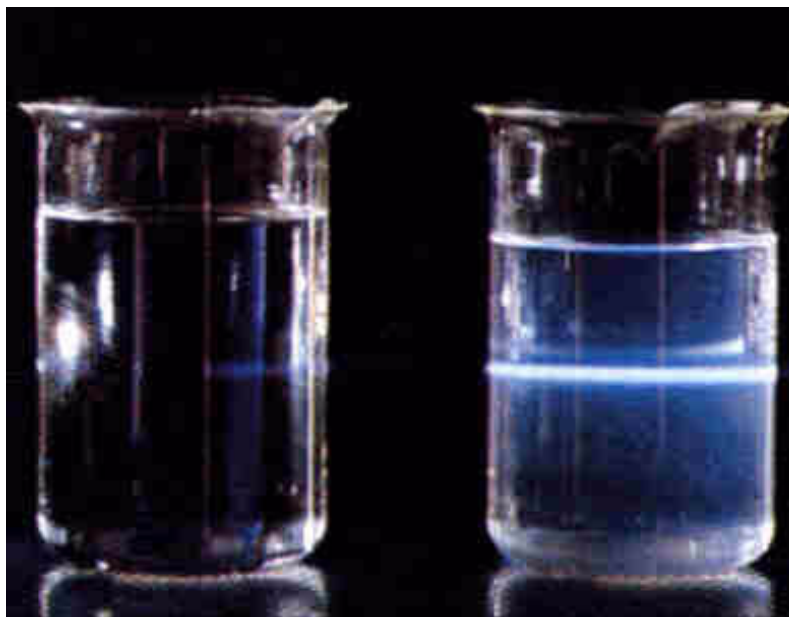


Abb.8: Tyndall-Effekt: Links Kochsalzlösung; Rechts Tensidlösung [13]

Wird ein Lichtstrahl durch eine Lösung geschickt, so bleibt er unsichtbar, sind

in der Lösung kolloide Teilchen vorhanden, wird er deutlich sichtbar. Dies ist der Tyndall-Effekt, der nach dem gleichnamigen Wissenschaftler benannt worden ist, der sich lange damit beschäftigte. Dabei wird das Licht an den Partikeln gestreut und so sichtbar gemacht, wobei die Teilchen nicht kleiner als die Wellenlänge des Lichtes sein dürfen. Weitere Untersuchungen machten es möglich mittels diesen Effektes die Größe und die Form der Teilchen abzuschätzen, mittlerweile werden sogar Diffusionsgeschwindigkeit, Teilchenwachstum und Struktur Dispersionen mit Hilfe von Computern berechnet.

2.3 Elektrophorese

Elektrophorese ist die Wanderung dispergierter Teilchen im elektrischen Feld. Wird vom Standpunkt der klassischen Elektrolyttheorie ausgegangen, so bewegt sich das Teilchen relativ zum Dispersionsmittel in Feldrichtung. Die Dispersionskolloide sind geladene Teilchen die eine Hülle um sich herum aufbauen, die deren Ladung stabilisiert.

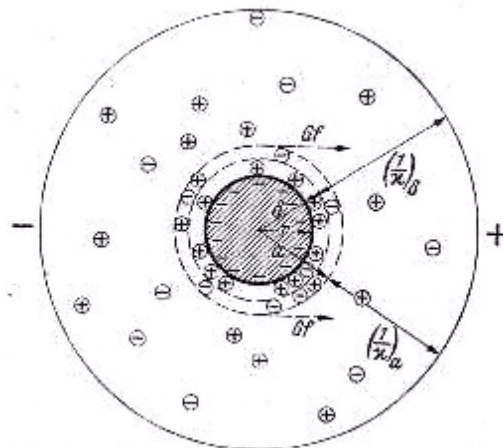


Abb.9: Schematische Darstellung eines Partikel mit Ionenhülle [4]

Auf diese Kolloide wirkt aufgrund des elektrischen Feldes eine Kraft:

$$F = q \cdot E = z \cdot e \cdot E \quad (4)$$

mit z Elementarladungen auf dem Kolloidteilchen. Diese Beschreibungsweise stammt von Hückel und geht von kugelförmigen

Kolloiden aus, deren Reibungskraft durch das Stokessche Gesetz beschrieben werden kann, das der elektrischen Kraft entgegenwirkt:

$$F = 6\pi\eta \cdot a \cdot v \quad (5)$$

Dabei schließt a nicht nur den Kolloidradius, sondern auch einen dünnen Film des Dispersionsmittels, das das Kolloid mit sich schleppt, mit ein.

Bewegt sich das Teilchen gleichmäßig, so werden die entgegengerichteten Kräfte gleichgesetzt:

$$v = \frac{z \cdot e}{6\pi\eta \cdot a} \quad (6)$$

Wird das Kolloidteilchen als Kugelkondensator betrachtet, entsteht an der Oberfläche das elektrische Zetapotential:

$$\zeta = \frac{z \cdot e}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot a} \quad (7)$$

mit ϵ als dielektrisch Permittivität der umgebenden Mediums

Eingesetzt, ergibt sich nun für die Geschwindigkeit:

$$v = \frac{2}{3} \frac{\epsilon_0\epsilon\zeta \cdot E}{\eta} \quad (8)$$

Diese Gleichung erfordert jedoch noch einen Korrekturfaktor. Der Film von Gegenionen, der das Kolloid umgibt bewegt sich in gegensätzlicher Richtung als das Kolloidteilchen selbst. Das heißt, dass der Film immer wieder neu gebildet wird, da auch Gegenionen unterwegs verloren gehen, dies führt zur Verringerung der Geschwindigkeit, die wird als elektrophoretischer Effekt bezeichnet.

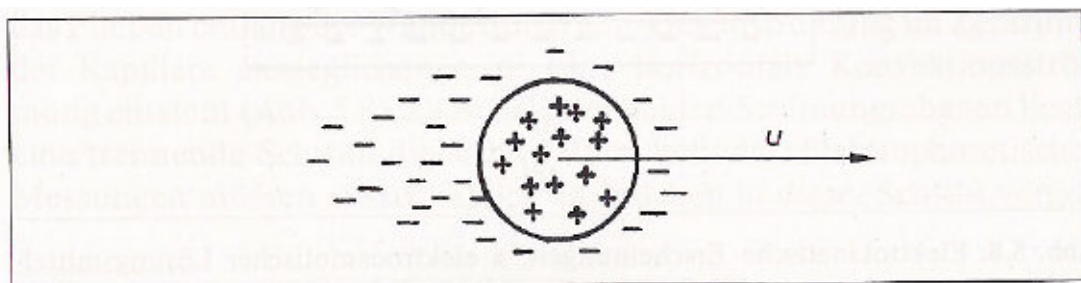


Abb.10: Doppelschicht rings um ein Partikel, welches sich im elektrischen Feld bewegt [2]

Die neue Gleichung lautet:

$$v = \frac{2}{3} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \zeta \cdot E}{\eta} \cdot f(xa) \quad (9)$$

x bezeichnet hier die Debye-Länge. Sind die Teilchen nur klein, geht $xa \rightarrow 0$ und die Gleichung ändert sich nicht, geht $xa \rightarrow \infty$ so handelt es sich um größere Partikel und der Korrekturfaktor $f(xa)$ nähert sich dem Wert 1,5.

Experimentell lässt sich die Elektrophorese mittels einer Mikroelektrophoresekammer beobachten.

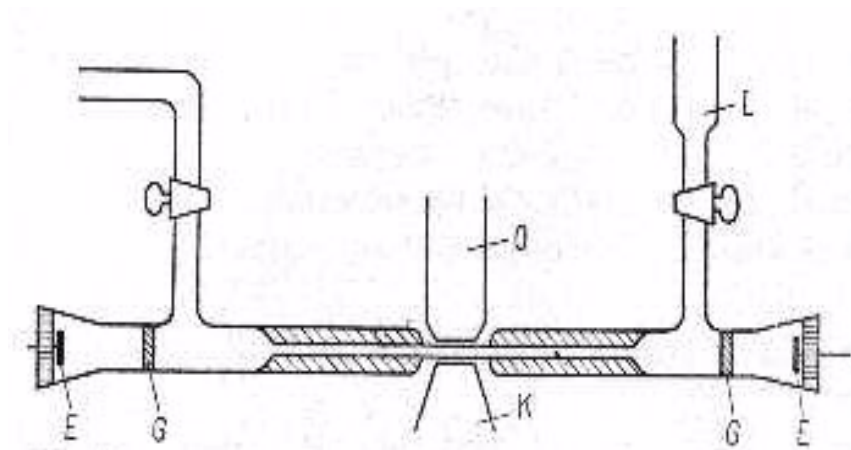


Abb.11: Mikroelektrophoreseapparatur [3]

E Elektroden; G Glasfritte; K Kondensator; L Vorratsgefäß; O Mikroskopobjektiv

So kann die Wanderungsgeschwindigkeit der kolloiden Teilchen gemessen werden. Im Okular befindet sich ein Netz oder eine geeichte Skala, mit der sich die Strecke ablesen lässt, die ein Partikel zurücklegt. Die Feldstärke lässt sich mittels Strommessung bestimmen, nachdem mit einer Elektrolytlösung bekannter Leitfähigkeit der Widerstand bestimmt worden ist.

Dieser simple Versuch hat jedoch auch seine Tücken, es entstehen Messungenauigkeiten aufgrund von Elektroosmoseerscheinungen. Dennoch hat diese Methode der Aufklärung der Elektrophorese gute Dienste erwiesen.

3. Anwendungsbereiche

Heute spielt die Kolloidchemie eine wichtige Rolle in der modernen Industrie, Biologie und Landwirtschaft.

Viele erwünschte Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten beruhen auf der enormen spezifischen Oberfläche.

Dadurch werden kolloidale Metalle (1g eines in kolloidalem Zustand befindlichen Stoffes besitzt eine Oberfläche von 60- 6000 m^2) besonders gern als Katalysatoren eingesetzt werden.

Die große innere Oberfläche der Dispersion kann Schadstoffe oder Verunreinigungen wirkungsvoll binden, z. B. bei der Abwasserreinigung.

Der Tyndall- Effekt wird in der Industrie oft ausgenutzt. Es gibt optische Rauchmelder, die sich den Umstand zu Nutze machen, dass bei Rauchentwicklung Licht aus einem Lichtbündel heraus an den feinen Rauchpartikeln gestreut wird und auf einen lichtempfindlichen Sensor trifft. Bei reiner Luft tritt der Effekt nicht auf, wodurch der Sensor auch kein Licht messen kann. Der Alarm wird ausgelöst, sobald die Lichtmenge einen bestimmten Grenzwert überschreitet.

Ein weiterer Aspekt ist die Beseitigung unerwünschter Kolloide. Dies ist besonders wichtig in der Wasserreinigung. Hierbei wird die Ausflockung des suspendierten Teilchenmaterials erwünscht ist. Hierbei werden Salze mehrwertiger Ionen, als Flockungsmittel eingesetzt. Häufig Al^{3+} - Ionen, da die kolloidalen Teilchen oft negativ geladen sind.

Generell spielt die Kolloidchemie im Umweltschutz eine zunehmend wichtige Rolle.

Aus der Biologie wird der Lotus- Effekt für Farben und Lacke genutzt. Hierfür werden in diese Kolloide gemischt. Durch die dadurch erreichte Oberflächenstruktur wird der Kontaktwinkel gegenüber Wasser von bis zu 160° erreicht (Superhydrophobie).

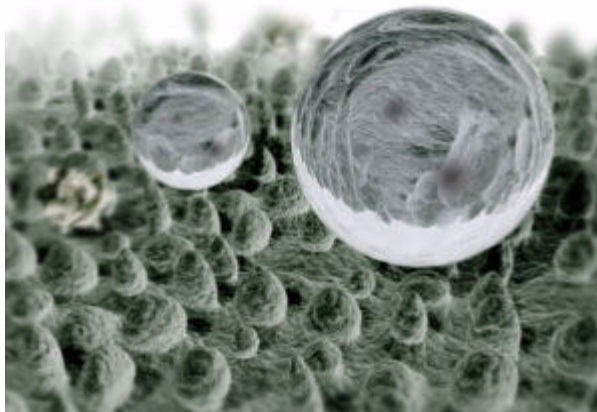


Abb. 12 Computergrafik der Lotusblatt Oberfläche [6]

Das bedeutet, dass nur etwa 2 bis 3% der Tropfenoberfläche mit der Oberfläche in Kontakt stehen. Wodurch die Adhäsion zwischen der Oberfläche und dem Wassertropfen so gering ist, dass das Wasser leicht abperlen kann. Aufliegende Schmutzpartikel, die ebenfalls eine geringe Benetzbarkeit besitzen, werden dadurch mitgerissen und weggespült.



Abb. 13: Ein Flüssigkeitstropfen auf einer superhydrophoben Oberfläche [6]

Kolloide werden auch wegen ihrer Farbigkeit in der Lackindustrie verwendet. Hierbei müssen die Pigmente und Lösungsmittel so bearbeitet werden, dass bei ihrer Anwendung keine Ausflockung auftritt. Des Weiteren müssen gute Eigenschaften wie das Streichverhalten und optische Reflektivität beachtet werden. Dies erfordert den Einsatz von vielkomponentigen Mischungen und somit muss bei der Herstellung der Produkte viele physikalische und chemische Eigenschaften gleichzeitig berücksichtigt werden.

4 Literatur- und Quellenverzeichnis:

Bücher:

- [1] Binnewies, Jäckel, Willner, Rayner-Canham; Allgemeine und Anorganische Chemie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2004

- [2] Douglas H. Everett, Grundzüge der Kolloidwissenschaft, Dr. Dietrich Steinkopff- Verlag, Darmstadt, 1992

- [3] Hans Sonntag, Kolloidwissenschaft, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1977

- [4] Joachim Stauff, Kolloidchemie, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1960

Internet:

- [5] Jenny Stilgebauer, Kolloide - Anorganischer Experimentalvortrag, <http://online-media.uni-harburg.de/chemie/chids/dachs/expvotr/562.pdf>, 28.05.2006

- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Lotuseffekt> ,25.06.2006

- [7] http://de.wikipedia.org/wiki/Kubisches_Gitter, 22.06.2006

- [8] Bewegung von Kolloidteilchen, http://www.physik.uni-stuttgart.de/studium/praktika/ap/pdf_dateien/W50.pdf, 28.05.2006

- [9] Kolloide, http://www.tu-chemnitz.de/physik/OSMP/Soft/ws0506_V14.pdf, 28.05.2006

- [10] The Nobel Foundation 1965, Hermann Staudinger, http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1953/staudinger-bio.html, 26.06.2006
- [11] Rudolf Tuckermann, Einfuehrung, <http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/PC5-Grenzf/Einfuehrung.pdf>, 26.06.2006
- [12] http://www.expeditionzone.com/start_hi.cfm?story=2370&business=&club=&member=, 28.05.2006
- [13] Dr. Thomas Kummer, Tyndall-Effekt, <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/S+WM/Wirkung/Tyndall.html>, 25.06.2006