

Haut und Nano

- nanogrosse Partikel mit Wirkung auf die Haut -

Nathalie Becker LST VZ 09

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
1. Die Hautbarriere	4
Die Haut.....	4
Schleimhaut	5
2. Verhalten von Partikeln auf menschliches Gewebe	6
1. Penetration	6
Schleimhaut.....	6
Trägermoleküle: aktiver, gewollter Transport durch die Zellmembran / Hautschicht.....	7
2. Adsorption	7
3. Funktion und Aufbau von Nanopartikeln mit Wirkung auf die Haut	8
Nanopartikel	8
Feste Nanopartikel	9
Nanosilikat.....	9
Metalloxide	9
Nanosilber.....	9
Nanokapseln	9
Flüssige Nanopartikel mit Trägerfunktion	10
Liposomale Strukturen	10
Hyaluronsäure	10
Mizellen.....	10
Buckminster-Fullerene	11
Quantum dots	11
Ultrafeine Partikel	11
Mineraloxide in Sonnenschutzpräparaten	11
4. Gefahren	12
5. Zusammenfassung	12
6. Abbildungsverzeichnis:	13
7. Literaturverzeichnis	13

1. Einführung

Nanopartikel finden heute in vielerlei Bereichen funktionale Anwendung. Treiber sind die industriellen Branchen, die Oberflächeneigenschaften ihrer Produkte optimieren oder die Ressourceneffizienz der eingesetzten Materialien erhöhen möchten. (Eberle, 2010) Desweiteren brechen kleinere Partikel unter einer bestimmten Wellenlänge das visuelle Licht nicht mehr und ermöglichen die Entstehung dünner Schichten ohne dabei sichtbar zu sein.

Neben den genannten positiven Eigenschaften der kleineren Grösse der Partikel, ist diese auch ihr grösstes Manko. Sie werden unkontrollierbar und bewegen sich meist mühelos durch die Umwelt. Die Entropie steigt. Eine Rückführung der Substanzen ist mit höherem Aufwand verbunden. Genaue Stoffkenntnisse und Beobachtungen werden erforderlich bevor diese Materialien in Umlauf gebracht werden. Das erfordert auch Messmethoden, die diese Teilchengrößen einschliessen um dessen Verhalten zu analysieren.

Industriell genutzt werden die positiven Eigenschaften der Partikeln im Nanobereich schon seit 1930 in Form von kolloidalem Silber (Kolloidal Silber). Sie revolutionierten die antibakterielle Trinkwasseraufbereitung mit einfachen Methoden.

Mit voranschreitender Forschung gelingt die Herstellung kleinerer Teilchen, die eine Carrier-Funktion für Substanzen übernehmen können, die bisher nicht in die Haut eindringen konnten. Auf dem Markt finden sich zunehmend neue Anwendungen für Nanopartikel, die hochspezifische Funktionen erfüllen.

Im folgenden werde ich nur auf solche Nanopartikel eingehen, die für den menschlichen Körper und sein grösstes Organ, die Haut, einen nachweisbaren Einfluss haben. Diese liegen frei vor, das heisst sie sind nicht in einem Material eingeschlossen. Dabei gelangen sie entweder über die äussere Haut oder über die Lungen in den Körper. Nanopartikel, die in Materialien eingeschlossen sind, haben häufig das Ziel die funktionalen Eigenschaften des Materials zu verbessern. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Nanoröhrchen aus Kohlenstoff (Carbon Nano Tubes) die die Elastizität des Materials sowie die Zugfestigkeit erhöhen. (Jordi, 2010)

Die bekannteste Applikation von einer Wirkstoffpenetration von Partikeln über die Hautbarriere ist die Anwendung des „Hormonpflasters“ bei der Substanzen in molekularer Grössenordnung auf die Haut einwirken, durch sie penetrieren und schlussendlich eine systemische Wirkung auslösen. Aber auch andere Substanzen gelangen unbeabsichtigt in den Körper und können sich im Laufe der Zeit akkumulieren.

1. Die Hautbarriere

Die Haut

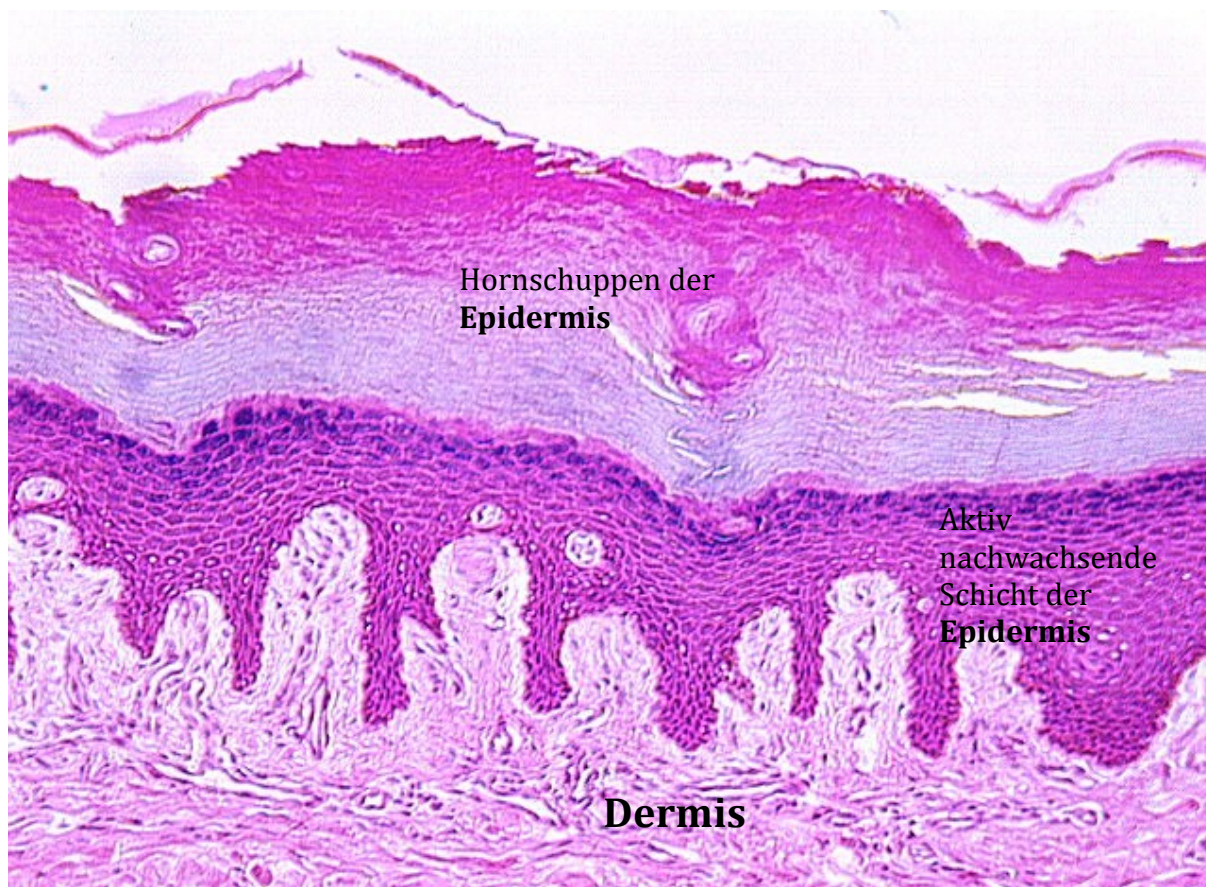


Abbildung 1 - Die Hautschichten

Die Grundfunktion der Haut ist das Körperinnere vor Zuständen wie Austrocknung und Infektion durch entzündliche Erreger zu schützen. Hierfür nutzt der Körper eine für Moleküle wie Wasser oder fettähnliche Substanzen sowie Erreger, undurchlässige Hautschicht, die wie obenstehend gezeigt, aus mehreren sich funktionell sowie strukturell unterscheidenden Schichten aufgebaut ist. Die oberste Schicht (Epidermis) dafür ein sich in seinen ‚Liebendkeiten‘ abwechselndes Schichtsystem, (Uni Wien, 2011) welches das Durchdringen von lipo- als auch hydrophilen Substanzen erschwert. Um diese Schicht intakt zu halten, muss die Proliferation (Abschilferung) der oberen Hornzellen sowie eine ausreichende Sebumproduktion gewährleistet sein. Die nächst tieferliegende Schicht, die Dermis oder auch Lederhaut, ist bereits durchblutet und der Ab- und Aufbau der Zellen geschieht über das kapillare Blutsystem. Um Defekte der Haut regenerieren zu können, ist eine gute Durchblutung dieser Schicht wichtig. Risse, auch kleinste, führen zu einer nicht intakten Schutzbarriere und der Einlass von Fremdpartikel von aussen ist erleichtert.

Die äusserste Hornschicht, die sichtbare Epidermis, wird zusätzlich durch eine saure Hydrolipidschicht ummantelt, die Erreger abwehrt. Hergestellt wird diese durch die Talgdrüsen, Schweißdrüsen, sowie des Vorhandenseins von Bakterien.

Schleimhaut

Die Schleimhaut unterscheidet sich in ihrem Aufbau dadurch, dass sie primär Schleim produziert und keine Hornschicht besitzt. (Wikipedia, 2011) Die Aufnahmefähigkeit der

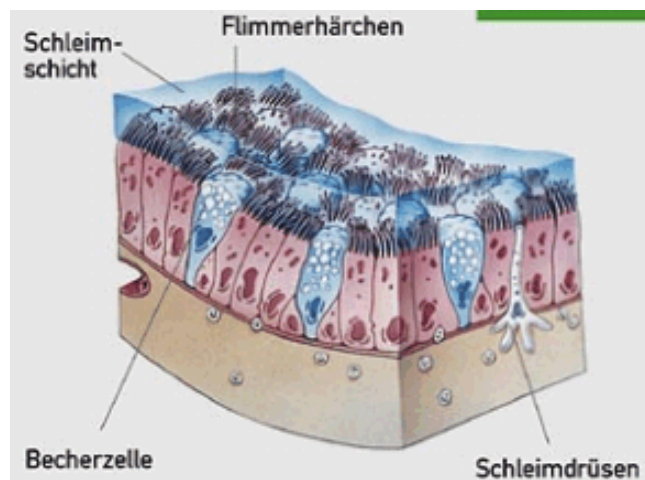


Abbildung 2 - Schleimhaut

apparats der Lungen sauerstoffpermeable Membranen angeordnet.

Der gesamte Atemapparat hat zum Schutz vor Partikeln von aussen mehrere Filtereinheiten vorgesehen. So werden grosse Partikel bereits von der Nase abfiltriert. Partikel um die 1-3µm können bis zu den kugelförmigen Lungenbläschen (siehe Abbildung links), den Alveolen vordringen. (Kayser)

Das Atemzugvolumen beträgt bei einem erwachsenen Mensch in Ruhe etwa 7,5 l pro Minute. (Wikipedia) Je mehr Partikel die Atemluft enthält desto stärker ist der Filterapparat in seiner Funktion gefordert.

Schleimhaut ist im Vergleich zur verhornten Aussenhaut höher, da sie besser durchblutet ist und der Partikel nicht erst die Hornschicht durchqueren muss. Im weiteren wird kurz auf die Lunge eingegangen da diese neben der Hornhaut, der Umwelt und damit dem Vorhandensein von Partikeln am häufigsten ausgesetzt ist.

Die Lungen übernehmen die Funktion des Sauerstoffaustauschs im Körper.

Um diese Funktion ausführen zu können, sind am Ende des Filtrations-



Abbildung 3 - Alveolen

2. Verhalten von Partikeln auf menschliches Gewebe

1. Penetration

Im allgemeinen beschreibt die Penetration das Durchdringen von Substanzen durch eine Grenzfläche. Die Grenzfläche ist hierbei die Schicht von Epidermis zu Dermis, oder von der verhornten Hautschicht zu der durchbluteten Schicht. Durchquert ein Partikel diese Grenzfläche, so befindet er sich im Körper und kann aufgenommen werden. Die Penetration kann jedoch auch über Haarfollikel (Haarbalg) geschehen. (El Sevier, 2010) Die kleinsten Blutgefässe, die Kapillaren, können aufgenommene Substanzen durch den Körper transportieren. Im ungünstigstem Falle werden die Partikel an die Blut-Gehirnschranke herangetragen und können diese durchqueren. (Weitlaner, 2008)

Der Vorgang der Penetration ist nicht nur von einem Parameter abhängig. Neben dem Grösse spielt auch die ‚Liebendkeit‘ des Moleküls eine Rolle. Interessant ist dabei die Betrachtung eines Wassermoleküls, welches mit einer Grösse von 0,2 nm (Don, 2011) die Hornschicht zwar teilweise tränken, aber nicht durch die letzten Schichten der oberen Hornschicht dringen kann. Somit führt ein längerer Aufenthalt des Körpers mit intakter Hautbarriere in Wasser nicht zur Volumenaufnahme durch eindringendes Wasser von aussen.

Betrachtete Teilchen, die deutlich grösser sind als ein Wassermolekül, sind unterdessen aber fähig, diese Barriere zu bewältigen. So ist aus einer Studie bekannt, dass Teilchen unter 100 nm durch die Haut penetrieren, in den Zellkern gelangen und Mutationen der DNA auslösen. Desweiteren stellt man eine Akkumulation in der Leber fest. (elsevier, 2011)

Ist die Penetration gewollt, so stehen verschiedene Möglichkeiten zu Verfügung: Eine Variante besteht darin die Hornschicht aufzuweichen und diese dadurch durchgängiger für Moleküle zu machen. So verwendet, lässt die Schutzfunktion der Haut nach und wird durchlässiger für Substanzen wie z.B. Hormone, Nikotin oder Schmerzlindernde Medikamente, die vorher an der verhornten Schicht hängen geblieben wären.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Trägermolekülen (Carrier Moleküle). Dabei transportieren funktionelle Moleküle, Substanzen durch die Hornschicht. Die Tiefe des Transports ist hierbei unterschiedlich und abhängig von der Beschaffenheit des Carrier Moleküls.

Schleimhaut

Entscheidend für die Aufnahme von Substanzen über die Schleimhaut in das Blutsystem ist neben der Partikelgrösse auch das Molekulargewicht. (Wikibooks, 2011)

Die Bioverfügbarkeit von kleineren über die Lungenbläschen aufgenommenen Substanzen ist sehr hoch und kann sogar einen Verfügbarkeitsgrad der Substanz im Körper von 80% erreichen. (Kayser) Dabei handelt es sich zum Beispiel um die Gabe von Insulin über ein Aerosol, welches eingeatmet wird. Ein grosser Anteil der Tröpfchen im Aerosol besitzt eine alveolengängige Grösse (Frank Hoffmeyer, 2007) und das Einatmen der Substanzen kann daher als Risiko angesehen werden.

Trägermoleküle: aktiver, gewollter Transport durch die Zellmembran / Hautschicht

Die Aufgabe des Trägermoleküls ist der vereinfachte Transport einer Substanz. Hierfür ist es wichtig, dass dieses sich in seiner ‚Liebendkeit‘ nach aussen hin, den Zellen der zu durchquerenden Hautschicht entspricht. Die oberste Hautschicht wechselt sich in ihren ‚Liebendkeiten‘ ab und stellt eine grosse Herausforderung an die Funktion des Trägermoleküls dar. So wechselt diese fortlaufend von einer hydro- in eine lipophile Schicht. (Uni Wien, 2011)

Verschiedenste Modifikationen der Transportmoleküle kommen zum Einsatz.

Zu nennen sind hydrophile Trägermoleküle die nach aussen hin wasserfreundlich sind sowie hydrophobe/lipophile Träger die nach aussen hin fettliebend und wasser-nicht-liebend sind.

Eine interessante Alternative bietet die amphiphile Anordnung der äusseren Schicht des Trägermoleküls. Amphiphil bedeutet hierbei, dass das Molekül nach aussen hin sowohl lipo- als auch hydrophil ist. Modellhaft dargestellt, ist dieses amphiphile Molekül eine Kugel, mit mehreren Schalen. Dabei ist die Schale nicht eindeutig lipophil oder hydrophil, sondern beides. Um die Stabilität des Moleküls zu gewährleisten, benötigt das Molekül mehrere Schichten. (Synchroline)

2. Adsorption

Bei der Adsorption handelt es sich im allgemeinen um ein Anhaften eines Partikels an eine Grenzfläche. Die Haftung geschieht durch physikalische van-der-Waals Kräfte zwischen 4 und 40kJ/mol und ist reversibel. (Wikipedia, 2011) Reagiert der Partikel mit der anhaftenden Oberfläche auf chemische Art, so spricht man von einer Chemisorption, die eine Veränderung der Grenzfläche mit sich ziehen kann.

Sowohl bei der physikalischen Anhaftung als auch bei der chemischen Adsorption dringt der Partikel nicht durch die Grenzfläche hindurch. Daher ist sie von der Penetration klar zu unterscheiden.

Partikel die adsorbieren, sind häufig zu gross um durch die Haut penetrieren zu können. Eine Akkumulation an der Oberfläche von lebenden Zellen kann allerdings eine störende Wirkung auslösen. Stäube oder Aerosole mit einem Durchmesser von weniger als 10 µm können durch die Atemwege ins Körperinnere gelangen und lagern sich teilweise in den Alveolen, den Lungenbläschen, an. (wikipedia, 2011) Die Lungenfunktion des Sauerstoffaustausches wird dadurch beeinträchtigt. Die Reversibilität der physikalischen Adsorption lässt eine Ablösung der Partikel durch die körperliche Reaktion des Hustens zu.

3. Funktion und Aufbau von Nanopartikeln mit Wirkung auf die Haut

Nanopartikel

Zu Beginn stellt ein folgender Vergleich die Größenordnung eines Nanopartikels einfach dar: „Das Verhältnis eines Apfels zur Erde ist gleich wie dasjenige zwischen einem Nanoteilchen und dem Apfel“ (Karlagnis, 2010)

Als Nanopartikel werden solche Partikel, Substanzen, Moleküle angesehen, die in ihrer Gesamtheit eine Grösse von 100nm nicht überschreiten und mindestens 0,2nm gross sind.

Sie haben im Verhältnis zu ihrem Volumen eine grosse Oberfläche. (Karlagnis, 2010) Ein Gramm nanogrossen Kohlenstoffs hat beispielsweise eine Oberflächengrösse von 250-300 m² (Welt der Physik, 2011) Nanopartikel, die sich nur durch eine Volumenverkleinerung von der Ausgangssubstanz unterscheiden, werden durch einen Mahlvorgang in einer Mühle mit ultraharten Kugeln hergestellt. (BAFU) Andere, wie zum Beispiel Kohlenstoffnanoröhrchen, werden in aufwändigen spezialisierten Verfahren hergestellt.

Die Menge an Nanopartikeln die jedes Jahr produziert wird, lässt sich kaum beziffern. Der Einsatz solcher Materialien im Kosmetikbereich wird ab 2014 gesetzlich geregelt werden und enthält neben einer Abschätzung des toxischen Potentials unter anderem die Menge, die pro Jahr ausgestossen und in Umlauf gebracht wird. (IMPAG)

Im Folgenden wird auf Partikel eingegangen, welche absichtlich auf die Haut aufgetragen werden und eine spezifische Funktion für das Produkt erfüllen, sowie solche Partikel die ihre Hauptfunktion auf der Haut des Anwenders entfalten. Dabei kann das Eindringen der Nanopartikel mithilfe von UV-Strahlung (Quantum Dots (elsevier, 2011)) erfolgen.

Weiter werden Partikel vorgestellt, die durch die Umwelt auf den menschlichen Körper durch Aufnahme über die Haut wirken.

Nanopartikel, die Einsatz in der Kosmetikindustrie finden

Feste Nanopartikel

Nanosilikat

Silikate mit einem Durchmesser zwischen 70 und 1000nm finden Anwendung in Kosmetischen Zusätzen sowie in Nahrungszusätzen. Man spricht Ihnen ausserdem ein Potential in der Anwendung als Kontrastmittel, (gene delivery carriers) Genträger und der Krebstherapie zu. Im Vergleich zu Carbon Nano Tubes (CNT), Fullerenen und nanogrossem Titandioxid besitzt Nanosilikat ein höheres Dispersionsvermögen, welches die Streuungs-/Verteilungsfähigkeit einer Substanz beschreibt. (elsevier, 2011)

Ergebnisse aus Studien konnten zeigen, dass amorphes Nanosilikat mit einer Grösse von 70 nm die Hautbarriere von Mäusen durchdringt und eine systemische sowie zellmutagene Wirkung hervorbringt. (elsevier, 2011)

Metalloxide

Nanogrosse Zinkoxide finden in der Kosmetik als mineralisch topisch wirkende Sonnenschutzmittel Anwendung, wohingegen Eisenoxid Nanopartikel lokal in Tumore injiziert werden und selektiv in Krebszellen wandern können. Durch eine nachfolgende Erhitzung der behandelten Zellen von aussen, erfolgt die Zerstörung der bösartigen Zellen. (Dermaviduals, 2011)

Zinkoxid (ZnO)

Diese halbleitende Substanz ist der am zweithäufigsten eingesetzte metallische Nanopartikel, bezogen auf alle Industriezweige. (BAFU, 2011) ZnO als Nanopartikel in Hautcremes kann die UV-Strahlung die auf die Haut auftritt effizient reflektieren ohne dabei in die Hautzellen der oberen Hautschicht einzudringen. (Jordi, 2010)

Diese durch die geringe Grösse durchsichtige Substanz wurde in einer Studie über 24 Stunden der Haut ausgesetzt und nachfolgend deren durch die obere Hornhaut penetrierter Anteil bestimmt. Dieser betrug unter 0,03%. In der tieferliegenden Dermis konnte kein Zinkoxid nachgewiesen werden. (Cross, 2007)

Titandioxid (TiO₂)

Titanoxid ist der weltweit populärste eingesetzte Nanopartikel. (BAFU, 2011) Als Beschichtung glättet es Oberflächen und verschliesst Poren. Dieser Werkstoff hat zudem eine photokatalytische Eigenschaft, welche Schmutz, Gerüche und Bakterien unter Lichteinwirkung abbaut. In Kosmetika schützt TiO₂ vor UV-Strahlen und findet in Sonnenschutzcremes Einsatz. (Jordi, 2010)

Nanosilber

Eine grosspartikulärere Version des Nanosilbers wird schon seit Jahrtausenden (Jordi, 2010) zur Bakterienbekämpfung verwendet. Silber als Edelmetall in Nanogrösse findet sich heutzutage in medizinischen Produkten und auch als antibakterielle Oberflächenbeschichtung wieder. Die Herstellung erfolgt dabei durch stundenlanges Mahlen des Werkstoffs Silber. (Fitze, 2010)

Nanokapseln

Bestehend aus Polypeptiden, schliessen diese nanogrossen Kapseln pharmazeutische Substanzen ein. Die vergrösserte Oberfläche der Kapseln im Vergleich zu mikrogrossen

Kapseln, ermöglicht eine kontrollierte Freisetzung der eingekapselten Substanz. Interessant ist dieses Verhalten für Medikamente, die als Retardpräparate eingesetzt werden sollen. (Dermaividuals, 2011)

Flüssige Nanopartikel mit Trägerfunktion

Liposomale Strukturen

Liposomale Nanopartikel werden aus einer oder mehreren Doppelschichten gebildet und fungieren als Carrier sowohl für lipo- oder hydrophyle Stoffklassen als auch für Proteine. Diese können über die bessere Penetration der Liposome in die Haut, von tieferen Hautschichten aufgenommen werden, als wenn sie direkt auf die Hornschicht aufgetragen werden. (Dermaividuals, 2011)

Hyaluronsäure

Nanopartikel aus natürlichen Polymeren wie der Hyaluronsäuren können als Trägermoleküle durch die Dermis verwendet werden da sie eine kontrollierte Freisetzung der transportierten Substanz ermöglichen, sowie zielgesteuert arbeiten. Beispiel: Hybridisiert mit magnetischen Eisen Partikeln (Durchmesser kleiner als 180nm) können diese aktive Substanzen verkapseln. Die Hydrophilität oder Hydrophobität der Substanz spielt dabei keine Rolle. HA ist wenig bis garnicht immunogen und dem Körper eine bekannte Stoffgruppe. Neben der Trägerfunktion der HA kann diese auch die Kollagen, Elastin oder Fettzellenproduktion anregen (Mize, 2009)

Mizellen

Mizellen sind spontan zusammengelagerte aus amphiphilen Molekülen bestehende Aggregate. Die Zusammenlagerung geschieht dabei an einer Grenzfläche, beispielsweise Wasser. So lagern sich die hydrophilen Teile an der hydrophilen Grenzfläche an und die hydrophoben Anteile von der hydrophilen Grenzfläche weg. Es entstehen nano- bis wenige mikrometergrosse Aggregate. (Wikipedia) Diese Art der Anordnung eignet sich zur Verwendung als Trägermoleküle für Partikel in der Mitte (s. Abbildung 3). So werden sie in der Kosmetikindustrie als Carrier für aktive Wirksubstanzen verwendet. Sie sind in ihrer Wirksamkeit effektiver und konnten in Studien besser durch die Haut (Ratte) penetrieren als Wasser-in-Öl Lösungen. (J Colloid Interface Sci., 2007)

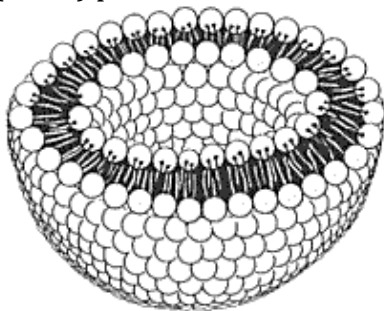


Abbildung 4 - Mizelle

(Kugelförmiger hydrophiler Kopf und langer lipophiler Schwanz)

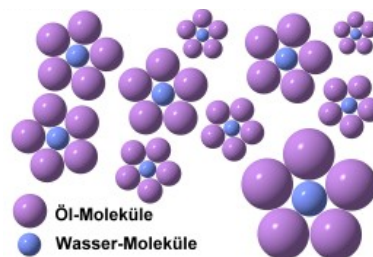
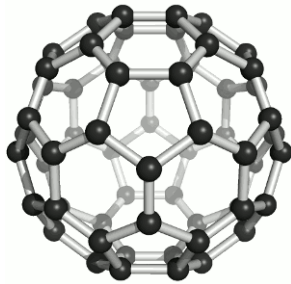


Abbildung 5 - Wasser-in-Öl Emulsion

Nanopartikel für die technische Industrie

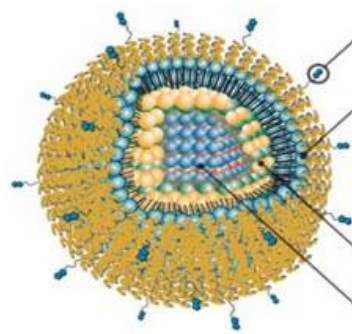
Buckminster-Fullerene



Buckminster-Fullerene sind aus 60 Kohlenstoffatomen bestehende, kugelförmige Strukturen die als Halbleiter, Katalysator, Krebsmedikament oder Radikalfänger in Kosmetika dienen können. Aufgrund ihrer schwierigen Herstellung und der bisher ungewissen Wirkung auf die Gesundheit, sind diese Nanopartikel noch nicht vollumfänglich im Einsatz. (BAFU, 2011)

Abbildung 6 – Buckminster Fullerene

Quantum dots



Ein Quantum Dot ist eine nanoskopische Materialstruktur, die Licht absorbiert und in einer bestimmten Wellenlänge, die abhängig von der Grösse des Quantum Dots ist, Licht emittiert. (Uni Kiel) Die Grösse dieser Quantum Dots beträgt typischerweise 10^4 Atome. Sie bestehen meist aus Halbleitermaterialien und werden in der Medizin als Biomarker eingesetzt. (Wikipedia, 2011) In einer Studie an Mäusen wurde beobachtet dass diese topisch angewandt, die Hautbarriere durchdringen und eine systemische, den ganzen Körper betreffende Wirkung zeigen. (elsevier, 2011)

Abbildung 7 – Quantum dot

Nanopartikel die durch die Industrie in die Umwelt eingetragen werden

Ultrafeine Partikel

Ultrafeine Partikel sind alle Partikel bis zu einer Grösse von $0,1 \mu\text{m}$, die alveolengängig sind. (wikipedia) Hauptverursacher dieser Partikel sind Verbrennungsprozesse und der Verkehr. Weshalb Organismen und Menschen, die in der Nähe dieser Quellen ansässig sind, den Auswirkungen der Partikel stark ausgesetzt sind. Diese Partikel werden von den natürlichen Filtern des Atemapparats unbeachtet eingeatmet und bis in die Alveolen transportiert. Desweiteren löst das Vorhandensein der Partikel in der Lunge eine Abwehrreaktion aus, die Entzündungen verursacht. (BAFU, 2011)

Mineraloxide in Sonnenschutzpräparaten

Zink- und Titanoxid gelangen durch ihre Verwendung in die Umwelt. Werden sie auf die Haut aufgetragen, können sie durch Abrieb oder durch den Gang in Gewässer in die

Haut und Nano

Nathalie Becker

Umwelt eingetragen werden. Durch ihre geringe Grösse sind sie sehr mobil und können sich leicht verteilen. Eine toxische Reaktion auslösende Akkumulation in biologischen Organismen ist einfach möglich und der Stoff wird daher als ökotoxisch bezeichnet. (EWG, 2010)

4. Gefahren

Neben den Risiken, die entstehen wenn Substanzen direkt und gewollterweise dem Organismus zugeführt werden, sind Risiken für Menschen vorhanden, die beispielsweise in der Produktion ständig Stäuben oder Aerosolen mit Nanometerdurchmesser ausgesetzt sind. Eingeatmet, können sie erleichtert den Weg in den Körper finden. Eine Aufklärung und eine Durchführung von Massnahmen zum Schutz der Mitarbeiter ist zum Teil auch aus Gründen der Unwissenheit über das Verhalten der Stoffe nicht gegeben. Allerlei Waschsubstanzen, die mit Nanomaterialien versehen sind um eine verbesserte Funktion zu erhalten, gelangen in den Handel, ohne dabei genauere Kenntnisse über die Substanz und ihr Verhalten auf die Umwelt und Menschen anzugeben.

Produktionsabfälle wie Prozesswässer, die mit Nanopartikeln versetzt sind, müssen in ihrem Risiko abgeschätzt werden, bevor sie den Abwasserkläranlagen zugeleitet werden.

Inwieweit sich Nanomaterialien auf Dauer im Körper akkumulieren, ist zum momentanen Zeitpunkt noch nicht abschätzbar. Durch ihre geringe Grösse können sie in viele Zellstrukturen eindringen ohne eine Entzündung hervorzubringen. Koagulieren diese miteinander oder werden metabolisch umgesetzt besteht eine neue Stoffkategorie, die je nach Organismus betrachtet werden muss.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Möglichkeit der Herstellung nanogrosser Partikel ein wissenschaftlich noch zu ergründender Bereich ist, der viele Fragen aufwirft. Die Forschung ist dabei nicht nur mit der Entwicklung wirksamer Stoffe beschäftigt, sondern sieht sich auch mit deren Verteilung konfrontiert. Medikamente haben die Aufgabe, eine systemische Wirkung auszulösen, oder ein spezifisches Ziel im Körper anzusteuern. Betrachtet man den Lebensweg eines sich in Entwicklung befindlichen Medikaments, so wird sichtbar, welcher Aufwand betrieben werden muss um das Verhalten der Substanz genau kennenzulernen. Von der Industrie aber werden Nanopartikel, die zum Teil unwissenderweise in den Körper eindringen, hergestellt ohne ihr weiteres Verhalten auf Umwelt und Organismen bestimmt zu haben. In Zukunft sollte daher ein besseres Monitoring der Substanzen von seiten der Industrie vorgenommen werden, um die biologische Umwelt vor Risiken zu schützen.

6. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: <http://www.nku.edu/~dempseyd/SKIN.htm>

Abbildung 2: http://www.stern-apotheke-marl.de/cms/images/stories/aufbau_schleimhaut.gif

Abbildung 3: <http://www.rauhfasler.de/wp-content/uploads/2008/12/alveolen.jpg>

Abbildung 4: <http://www.scheffel.org.bw.schule.de/faecher/science/biologie/Cytologie/91biomembran/biomembran.htm>

Abbildung 5: <http://naturkosmetik-selbstgemacht.de/grundlagen/wasser-in-oel-emulsion.htm>

Abbildung 6: http://www.simplyscience.ch/Portaldata/1/Resources/images_2010/2_aha/2.4.aha_fragen/Buckminsterfullerene_animated.gif

Abbildung 7: http://www.pharmainfo.net/files/images/stories/article_images/Advantagesoverorganicdye-based%20fluorophores.jpg

7. Literaturverzeichnis

Uni Wien. (2011). *Neue Forschungsplattform geht unter die Haut*. Wien: Medienportal Uni Wien.

Weitlaner, W. (11. Januar 2008). *innovations Report*. Abgerufen am 30. Mai 2011 von http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/bericht-101040.html

Welt der Physik. (2011). Von <http://www.weltderphysik.de/de/1708.php> abgerufen
Wikibooks. (30. Mai 2011). Von http://de.wikibooks.org/wiki/Pharmakologie_und_Toxikologie:_Pharmakokinetik abgerufen

Wikipedia. (kein Datum). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Lungenvolumen>

wikipedia. (kein Datum). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub>

Wikipedia. (kein Datum). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Mizellen>

Wikipedia. (2011). Von <http://de.wikipedia.org/wiki/Schleimhaut> abgerufen

wikipedia. (30. Mai 2011). Von <http://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub> abgerufen

Wikipedia. (30. Mai 2011). Von <http://de.wikipedia.org/wiki/Adsorption> abgerufen
BAFU. (30. Mai 2011). Von

http://www.empa.ch/bilder/Feinstaubtagung_2006/Feinstaubtagung_2006_Unterlagen/1_Straehl_2006.pdf abgerufen

- BAFU. (kein Datum). *Arbeitssicherheit ist das A und O*. Abgerufen am 16. Mai 2011 von <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/10649/10660/index.html?lang=de>
- Cross, D. S. (2007). Human Skin Penetration of Sunscreen Nanoparticles: In-vitro Assessment of a Novel Micronized Zinc Oxide Formulation. *Journal of Pharmaceutical and Biophysical Research*, 7.
- EWG. (2010). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://www.ewg.org/skindeep/ingredient.php?ingred06=707070>
- El Sevier. (31. September 2010). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169409X11000160#s0135>
- elsevier. (2011). System distribution, nuclear entry and cytotoxicity of amorphous nanosilica following topical application. *elsevier*, 2713-2724.
- Dermaviduals. (2011). Von <http://www.dermaviduals.de/english/publications/special-actives/nanoparticles-in-cosmetic-products-good-or-bad.html> abgerufen
- Don. (30. Mai 2011). Von <http://donsnotes.com/reference/size.html> abgerufen
- Frank Hoffmeyer, T. B. (2007). Haarspraylunge. *BGFA-Info* (3).
- IMPAG. (kein Datum). Abgerufen am 16. Mai 2011 von <http://www.impag.de/index.php?id=187>
- J Colloid Interface Sci. (19. Nov 2007). Abgerufen am 31. Mai 2011 von <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18005978>
- Kayser, O. Bioanalytik und Biopharmazie. In O. Kayser, *Grundwissen pharmazeutischer Biotechnologie*. Deutschland: Vieweg + Teubner.
- Mize, N. K. (2009). *Patentnr. WO 2011/044367 A1*. US.
- Öko-Test. (/ / 2005). Haarspray-besser die Luft anhalten. *Jahrbuch für Kosmetik 2005*. Synchronline. *technical dossier Terproline*. Italien: Synchronline.