

# Homöopedia

*Informationen zur Homöopathie*

## Nanopartikel

Gefragt nach einer hypothetischen Möglichkeit für einen Wirkmechanismus für ihre durch das wiederholte Verdünnen letztlich wirkstofffreien Hochpotenzen, verweisen verschiedene Homöopathen und Verbände auf eventuell auch in den Hochpotenzen vorhandene *Nanopartikel*.<sup>[1]</sup> Basis für diese Aussage sind nur einige wenige Veröffentlichungen. Die darin enthaltenen Messergebnisse erweisen sich bei genauer Betrachtung als wenig aussagekräftig und widersprüchlich, die aufgestellten Hypothesen als sehr spekulativ. Insgesamt weisen Herstellung oder Anwendungen von Nanopartikeln in Industrie und wissenschaftlicher Medizin mit der Homöopathie nur sehr oberflächliche Ähnlichkeiten auf. Bei genauerer Betrachtung der Verfahren ergeben sich deutliche Unterschiede. Dasselbe ergibt sich bei den materiellen Eigenschaften. Daneben gibt es eine Reihe von Fragen, auf die ein Hinweis auf eventuell in Homöopathika enthaltene Nanopartikel ganz grundsätzlich keine Antwort liefern kann.

### Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlagen
  - 1.1 Definition: Was sind Nanopartikel?
  - 1.2 Herstellungsverfahren
  - 1.3 Anwendungen von Nanopartikeln
- 2 Grundlegende Lücken im Nanopartikel-Ansatz
- 3 Veröffentlichungen zum Thema „Nanopartikel in Homöopathika“
  - 3.1 Arbeit von Chikramane 2010
    - 3.1.1 Kurzbeschreibung
    - 3.1.2 Untersuchungsmethoden und Unplausibilität der Messergebnisse
    - 3.1.3 Nicht aussagekräftige Kontrollmessungen
  - 3.2 Arbeit von Chikramane 2012
    - 3.2.1 Kurzbeschreibung
    - 3.2.2 Unplausibilität der Schlussfolgerungen aus den Messergebnissen
  - 3.3 Übersichtsartikel von Nandy
  - 3.4 Nanopartikelbasiertes Modell von Iris Bell
    - 3.4.1 Homöopathie als Nanomedizin
    - 3.4.2 Hormesis
    - 3.4.3 Rezeption

## Grundlagen

### Definition: Was sind Nanopartikel?

Im Begriff *Nanopartikel* steckt das griechische Wort *nanos*, das „Zwerg“ oder „zwerghaft“ bedeutet. In wissenschaftlichen Texten wird mit der Vorsilbe „nano“ die Größenordnung  $10^{-9}$  bezeichnet, also ein Milliardstel einer Einheit. Ein Nanometer „nm“ meint also  $10^{-9}$  Meter oder ein millionstel Millimeter. Typische Atomradien liegen in der Größenordnung  $10^{-10}$  Meter, also einem Zehntel Nanometer.<sup>[2]</sup> Bildlich gesprochen verhält sich ein Nanometer zu einem Meter wie der Durchmesser einer Haselnuss zum Durchmesser der Erde.<sup>[3]</sup>

Die Norm ISO/TS 80004-2:2015<sup>[4][B 1]</sup> legt fest, dass es sich bei *Nanoteilchen*, *Nanopartikeln* oder *Nanoobjekten* um Materieklümpchen handelt, deren Maße in der Größenordnung Nanometer ( $10^{-9}$ ) Meter liegen:

*Von Nanopartikeln, wissenschaftlich korrekt Nanoobjekt, spricht man, wenn ein Material mit einem, zwei oder drei Außenmaß(en) im Nanomaßstab vorliegt. Dazu zählen die Nanopartikel, also Nanoobjekte mit allen drei Außenmaßen im Nanomaßstab. Nanoplättchen sind Nanoobjekte mit einem Außenmaß im Nanomaßstab und zwei wesentlich größeren Außenmaßen. Nanofasern besitzen zwei ähnliche Außenmaße im Nanomaßstab und ein drittes Außenmaß, das wesentlich größer als die beiden anderen Außenmaße ist.*<sup>[5]</sup>

In der Nanotechnologie wird der Begriff „nano“ also in Bezug auf die Länge verwendet und bezeichnet Objekte, die eine Ausdehnung von einem bis einigen 100 nm besitzen. Streng genommen liegt die Größe eines Nanopartikels in allen drei Dimensionen im Nanobereich, doch wird der Begriff in der Praxis oft auch für Nanoröhrchen oder -fasern benutzt, die in einer Dimension deutlich größer sein können.

Nanopartikel entstehen auf vielfältige Weise in unserer Umwelt. Das passiert bei natürlichen Vorgängen wie Vulkanausbrüchen oder bei Waldbränden. Auch ultrafeine Sandkörner aus Mineralpartikeln findet man in der Natur. Daneben werden Nanoobjekte auch unbeabsichtigt produziert. Ein Beispiel hierfür sind Ultrafeinstäube beim Verbrennen von Diesel und Benzin.<sup>[3]</sup> Die Vielfalt der gezielt hergestellten („synthetischen“) Nanopartikel ist bedeutend. Synthetische Nanopartikel unterscheiden sich in Größe, chemischer Zusammensetzung, Form, Oberflächenbeschaffenheit und Herstellungsprozess. Entsprechend der unterschiedlichen Eigenschaften variieren auch ihre Anwendungsmöglichkeiten stark.<sup>[3]</sup>

Mit abnehmendem Partikeldurchmesser nimmt das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen zu. Die prägende Eigenschaft von Nanopartikeln ist deshalb ihre große Oberfläche relativ zum Volumen: Nanopartikel setzen sich oft aus recht wenigen Atomen zusammen, von denen sich prozentual bei kleineren Partikeln immer mehr an der Oberfläche befinden.

*Bei einem Partikeldurchmesser von 10 nm sind 20 % der ca. 30.000 Atome des gesamten Partikels an dessen Oberfläche. Bei einem Partikel mit 5 nm Durchmesser sind es bereits 40 % der ca. 4.000 Atome, und bei einem Partikel von 1 nm Durchmesser sind nahezu alle der ca. 30 Atome an der Oberfläche zu finden.*<sup>[3]</sup>

Weil Atome an der Oberfläche weniger nächste Nachbarn haben als Atome innerhalb eines Verbundes, besitzen sie ungesättigte Bindungen, Gitterverspannungen oder verzerrte Bindungswinkel, was zu einer erhöhten Reaktivität der Partikeloberfläche führt.<sup>[5][6]</sup> Nanopartikel sind also oft reaktiver als dasselbe Material, wenn es grobkörniger vorliegt. Mitunter wird die Oberfläche von Nanopartikeln auch mit aufwändigen Verfahren modifiziert, um den Partikeln ganz bestimmte anwendungsbezogene Eigenschaften zu verleihen.<sup>[7]</sup>

## Herstellungsverfahren

Nanopartikel sind das am häufigsten synthetisch hergestellte Nanomaterial (neben beispielsweise Nanoröhrchen). Oft ist es notwendig, dass die Partikel eine genau definierte Größenverteilung (*Monodispersität*) haben. Diese hängt vom Einsatzgebiet der Nanopartikel und ihrer chemischen Natur ab. Um

die gewünschte Größenverteilung der Partikel zu gewährleisten, gibt es unterschiedliche Herstellungsverfahren. Cookies helfen uns bei der Bereitstellung der Homöopedia. Durch die weitere Nutzung erklären Sie sich damit einverstanden, dass wir Cookies speichern. Weitere Informationen Okay

Dabei ist in aller Regel ein gewisser technischer Aufwand nötig, um zum Erreichen ganz bestimmter Partikeleigenschaften sind Herstellungs- und Reaktionsbedingungen von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Herstellungsverfahren von Nanopartikeln werden grundsätzlich nach verschiedenen Herstellungsstrategien in zwei Methoden unterteilt: „Top-Down“ und „Bottom-Up“. Mit den unter „Top-Down“ („von oben nach unten“) zusammengefassten Verfahren ist meist eine mechanische Zerkleinerung des Ausgangsmaterials gemeint. Der Vorgang beginnt also mit größeren Strukturen eines Ausgangsmaterials, die dann über einen Mahlprozess verkleinert werden – daher „Top-Down“. Unter „Bottom-Up“ („von unten nach oben“) fallen dagegen alle Verfahren, bei denen einzelne Atome oder Moleküle des Materials der Ausgangspunkt sind und diese langsam bis zu Partikeln in Nanogröße verbunden werden, meist mittels chemischer Prozesse. Darunter fallen zum Beispiel Aerosolverfahren, Fällungsreaktionen und Sol-Gel-Prozesse. Diese „Bottom-Up“-Verfahren gewährleisten zwar eine sehr genaue Steuerung der resultierenden Partikelgröße, sind aber auch technisch aufwändiger als der Mahlprozess des „Top-Down“-Verfahrens.<sup>[8]</sup>

Die aufwändigen „Bottom-Up“-Verfahren brauchen hier nicht weiter betrachtet zu werden: Homöopathen verweisen auf eine formale Ähnlichkeit zwischen den Mahlprozessen im „Top-Down“-Herstellungsverfahren der Nanopartikel und dem händischen Zermahlen im Mörser sowie dem Verschütteln der Lösung im Herstellungsprozess der Homöopathika.

Dabei werden die Unterschiede in aller Regel nicht erwähnt: Mahlverfahren kommen vor allem bei der Herstellung metallischer und keramischer Nanomaterialien zum Einsatz, keineswegs aber bei allen Ausgangsmaterialien. Auch unterscheidet sich der Mahlprozess sehr vom einfachen händischen Verarbeiten in einem Mörser: Die Ausgangsstoffe (wie etwa Metalloxide) werden vielmehr

*mithilfe von Hochenergie-Kugelmøhlen pulverisiert. Die Hochenergie-Kugelmøhlen sind hierzu mit Mahlkörpern aus Wolframcarbid oder Stahl ausgerüstet. (...) Neben der rein mechanischen Vermahlung kann auch die Reaktivmahlung zum Einsatz kommen, bei der während des Mahlprozesses gleichzeitig eine chemische bzw. chemisch-physikalische Reaktion abläuft.*<sup>[8]</sup>

Selbst mit diesem Aufwand führt eine solche Zerkleinerung von Partikeln durch Mahlen jedoch zu Pulvern mit breiter Partikelgrößenverteilung. Eine gezielte Kontrolle der Partikelform ist mit dieser Methode ohne weitere Verarbeitungsschritte praktisch nicht möglich. Gerade im medizinischen Bereich wie der Diagnostik kommen für sehr viele Anwendungen nur Nanopartikel in Betracht, die in Größe und Oberflächenfunktionalisierung sehr präzise hergestellt sind. Oft wird hier in einem weiteren Arbeitsschritt eine chemische Substanz an die Oberfläche des Nanopartikels gebunden oder auch der gesamte Partikel damit umhüllt („Kern/Schale“-Nanopartikel). Um eine einheitliche Partikelgröße zu gewährleisten, werden derartige oberflächenmodifizierte Nanopartikel vor allem mittels sogenannter „Bottom-Up“-Verfahren hergestellt, die keinerlei Ähnlichkeit mit dem homöopathischen Herstellungsverfahren haben.<sup>[7]</sup>

## Anwendungen von Nanopartikeln

Nanopartikel kommen bereits heute in den vielfältigsten Anwendungsgebieten zum Einsatz:<sup>[9]</sup>

- Nanotechnologie ermöglicht in Computerbauteilen eine weitere Verkleinerung der Bauteile
- Nanopartikel kommen in Kosmetika zum Einsatz und beeinflussen dort beispielsweise die optischen Eigenschaften der Produkte
- Nanoporöse Membranen filtern in industriellen Großanlagen Schadstoffe aus der Luft
- Auch im Katalysator im Auto sorgt eine Beschichtung mit Nanopartikeln für bessere Filterergebnisse
- Im Straßenbau sorgen Nanopartikel für eine Verbesserung der Wasserdurchlässigkeit der Asphaltdecken. Weniger Schäden durch eindringendes Wasser und Frost sind die Folge
- In der Medizin kommt Nanotechnologie in Medikamenten, medizinischen Geräten und Diagnoseverfahren zum Einsatz. Nanobeschichtungen helfen außerdem dabei, Oberflächen keimfrei zu halten (Lotus-Effekt)

Wie grundsätzlich sich in Medikamenten der Einsatz von Nanopartikeln von Homöopathie unterscheidet, erläutert Chris Toumey [10] an einem Beispiel aus der Tumorbekämpfung:

Für das Präparat *Aurimune* werden Gold-Nanopartikel verwendet. Diese Partikel dienen als Transportmittel, um den eigentlichen therapeutischen Wirkstoff, der als *Tumornekrosefaktor (TNF)* bezeichnet wird, an den Ort des Tumors zu bringen. TNF ist auch für Körperzellen extrem giftig. Deshalb ist es wichtig, dass TNF sehr gezielt im Tumorgewebe eingesetzt wird und nicht ins Körpergewebe des Patienten gelangt. Außerhalb des Tumors sollte es deshalb im Idealfall in den Blutgefäßen bleiben und nicht ins Gewebe dringen. Dafür sorgen die Gold-Nanopartikel, weil sie zu groß sind, um den Blutkreislauf durch gesunde Blutgefäße zu verlassen, aber klein genug, um durch die durchlässigen Blutgefäße im Tumor zu gelangen. Die TNF-Moleküle gelangen genau ins Tumorgewebe und greifen dort die Blutgefäße des Tumors an. Auch TNF allein greift Blutgefäße an, aber ohne die Gold-Nanopartikel wirkt es nicht gezielt nur im Tumor: Wenn das TNF durch Gold-Nanopartikel gezielt abgegeben wird, gibt es keine toxischen Effekte, der Blutdruck der Patienten sackt nicht gefährlich ab. So eingesetzt kann deshalb die TNF-Belastung in den Tumorzellen um den Faktor zehn erhöht werden. Um das TNF genau im Tumor absetzen zu können, müssen die Gold-Nanopartikel genau einen Durchmesser von 27 nm haben und mit Polyethylenglykol beschichtet sein, was es ihnen ermöglicht, dem körpereigenen Immunsystem zu entgehen.

Chris Toumey schreibt:<sup>[10]</sup>

*Hier werden zwei Unterschiede zwischen medizinischen Nanopartikeln und homöopathischen Mitteln deutlich. Erstens ist die Aurimune-Dosis von bekannter Größe. Zweitens sind die Gold-Nanopartikel nicht therapeutisch aktiv – sie sind ein Mittel, um den Wirkstoff TNF effizient abzugeben.*<sup>[B 2]</sup>

Anders als bei homöopathischen Mitteln müssen medizinische Nanopartikel dem Patienten in einer wissenschaftlich ermittelten Menge zugeführt werden. Die Dosierung von *Aurimune* beruht beispielsweise allein auf der Menge an biologisch aktivem TNF im endgültigen Arzneimittel. Bei homöopathischen Mitteln gibt es dagegen keine einheitlichen Dosierungsvorschriften<sup>[11]</sup>, erst recht keine, die wissenschaftlich bestimmt wären oder sich an Größe und Gewicht des Patienten orientieren. Homöopathika gelten auch unter Homöopathen nicht als Träger von aktiven Wirkstoffen zu bestimmten Organen. Und schließlich müssen Nanopartikel sehr exakt und komplex beschaffen sein, um ihre Aufgabe erfüllen zu können. Entsprechend aufwändig ist auch die Herstellung – einfaches Schütteln einer Lösung kann diese Anforderungen nicht erfüllen.

*Medizinische Nanopartikel sind eindeutig keine Homöopathika.*<sup>[B 3][10]</sup>

## Grundlegende Lücken im Nanopartikel-Ansatz

Vorhandene Arbeiten (*siehe unten*) weisen nicht nach, dass sich homöopathische Arzneien voneinander durch darin enthaltene Nanopartikel unterscheiden. Verblindete Messungen, in denen man unbeschriftete Arzneien eindeutig und reproduzierbar identifiziert, existieren nicht. Die These, dass Nanopartikel überhaupt eine Rolle in der Homöopathie spielen, ist vielmehr durch sehr unzulängliche Messungen getragen. Ungeachtet der schlechten Qualität dieser Arbeiten, die Nanopartikel als Erklärungsmodell für homöopathische Arzneien sehen wollen, hat dieser Ansatz einige grundsätzliche Lücken, die in den vorliegenden Arbeiten nicht thematisiert werden:

1. Unterschiedliche Eigenschaften verschiedenartigster Ausgangssubstanzen bleiben im Modell ebenso komplett unberücksichtigt wie die Tatsache, dass gar nicht alle medizinisch relevanten Eigenschaften und Folgen der Einnahme von Nanopartikeln vollständig bekannt sind,<sup>[12]</sup> sondern Gegenstand der aktuellen wissenschaftlichen Forschung.
2. Die Frage, ob Herstellung und Einnahme von Homöopathika mit toxikologischen Restriktionen belegt werden müsste, wenn Homöopathika Nanopartikel enthalten würden, wird nicht einmal angerissen. Dabei ist die Beurteilung der durch Nanomaterialien für den Menschen entstehenden Risiken keineswegs abgeschlossen.<sup>[13]</sup>

3. Der Nanopartikel-Ansatz macht das homöopathische Herstellungsverfahren der sukzessiven Verdünnung und Verschüttelung obsolet. Viel präziser könnte man Nanopartikel mit bekannten technischen Verfahren herstellen und in einem Schritt in der gewünschten Menge direkt auf Globuli aufbringen. Forderungen dieser Art fehlen in der homöopathischen Nanopartikel-Literatur jedoch; der aktuelle Herstellungsprozess wird nicht in Frage gestellt.
4. Selbst wenn ein sauberer Nachweis von Nanopartikeln in Homöopathika gelänge, wären damit noch keineswegs die restlichen Aussagen der Homöopathie belegt. Weder wäre damit belegt, dass überhaupt ein Effekt von der eingenommenen Menge der Partikel ausgehen kann, noch wären damit die Arzneimittelbilder bestätigt: Eine wichtige Säule der Homöopathie sind die Repertorien mit Listen von tausenden Symptomen in den Arzneimittelbildern. Auch ein vager Hinweis auf hormetische Phänomene genügt hier nicht als Nachweis, dass alle Arzneimittelbilder dann auch wirklich richtig sind und die Mittel adäquat eingesetzt wären.
5. Der Nanopartikel-Ansatz führt ein klares Dosis/Wirkungsprinzip in die Homöopathie ein: Würden Homöopathika über das Eindringen von Nanopartikel in Zellen wirken, dann wären eventuelle Effekte dosisabhängig.  $10^{23}$ -Aktionen wären dann für die Teilnehmer höchst gefährlich, weil sie ihrem Körper tatsächlich eine Überdosis Nanopartikel zuführen würden.
6. Der Ansatz über Nanopartikel kann nicht erklären, warum eine Wirksamkeit von Homöopathika über Placebo hinaus nicht nachweisbar ist,<sup>[14]</sup> oder warum Effekte mit zunehmender Studienqualität schwächer werden oder ganz verschwinden.<sup>[15]</sup>

## Veröffentlichungen zum Thema „Nanopartikel in Homöopathika“

Homöopathen berufen sich bei der Aussage, homöopathische Hochpotenzen könnten über enthaltene Nanopartikel gezielte Wirksamkeit entfalten, immer wieder auf einige wenige Veröffentlichungen. Dies sind vor allem zwei Arbeiten der Gruppe um den Inder *Prashant Satish Chikramane*, ein Artikel von *Papiya Nandy* und ein theoretisches Modell der amerikanischen Psychiaterin *Iris Bell*.

### Arbeit von Chikramane 2010

Der Artikel von Prashant Satish Chikramane<sup>[16]</sup> ist die grundlegende Arbeit, die in nahezu allen Texten zitiert wird, die einen Zusammenhang zwischen homöopathischen Hochpotenzen und Nanopartikeln herstellen. Vom Deutschen Zentralverband homöopathischer Ärzte (DZVhÄ) wird sie seit 2010 mehrfach zitiert.<sup>[1][17][18][19]</sup>

### Kurzbeschreibung

Drei verschiedene Potenzen – C6, C30 und C200 – aus Metallen gewonnener Homöopathika – Gold, Silber, Platin, Kupfer, Zinn und Zink – werden von den Autoren auf das Vorhandensein von Nanopartikeln untersucht. Die Autoren finden mit verschiedenen Nachweismethoden Nanopartikel der genannten Metalle auch in den Hochpotenzen weit jenseits der Avogadrogrenze. Entgegen dem bei der schrittweisen Verdünnung im Verhältnis 1:100 eigentlich zu erwartenden exponentiellem Konzentrationsabfall, sinken die hier gemessenen Konzentrationen bei höheren Potenzen als der C6 ( $1:10^{12}$ ) nicht mehr weiter ab, sondern laufen asymptotisch in ein Plateau, wobei dieses Niveau bei den unedlen Metallen höher ist als bei den Edelmetallen.<sup>[B 4]</sup> Ohne ihre Ergebnisse ernsthaft auf Plausibilität zu prüfen, entwerfen Chikramane und seine Mitautoren ein spekulatives Erklärungsmodell, in dem sie beim Verschütteln entstehende Nanobläschen und extreme Hitze für die Bildung einer über die Verdünnungsschritte hinweg stabilen Nanopartikelkonzentration verantwortlich machen.

### Untersuchungsmethoden und Unplausibilität der Messergebnisse

Chikramane et al. untersuchen marktübliche alkoholische Lösungen der drei Potenzen, die sie von zwei verschiedenen indischen Herstellern bezogen hatten. Die Autoren berichten, folgende Eigenschaften mit den genannten Methoden untersucht zu haben:

1. Das *Vorhandensein von Nanopartikeln* und deren *Größe* wurde durch *Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)*<sup>[B 5]</sup> bestimmt. Mit einem solchen Gerät sind

dreidimensionale Abbildungen bis in den Nanobereich hinunter möglich. Das Verfahren ist hier entsprechend durchaus geeignet, eventuell vorhandene Nanopartikel sichtbar zu machen.<sup>[20][21]</sup>

Die in der Arbeit wiedergegebenen Abbildungen angeblich derselben Substanz in den Lösungen verschiedener Hersteller (Abbildung 1 der Veröffentlichung) wirken allerdings höchst unterschiedlich.

2. Die Identifikation der Nanopartikel erfolgte durch den Vergleich der mittels Feinbereichselektronenbeugung (SAED)<sup>[B 6]</sup> erzeugten Interferenzmuster mit den für verschiedenste Kristalle in der Literatur dokumentierten Interferenzmustern.<sup>[21][22]</sup>

Grundsätzlich ist das Verfahren geeignet, die Metalle zu identifizieren. Die Erklärung der Autoren, warum ein und dieselbe Substanz je nach Hersteller und Potenz entweder polykristallin erscheint (und ein diskretes Punktemuster erzeugt) oder auch amorph sein soll (und ein diffuses Halo erzeugt), kann jedoch nicht überzeugen.<sup>[23]</sup>

3. Die Ausgangsmenge der in den Arzneien enthaltenen Metalle bestimmte man durch chemische Analyse unter Verwendung Optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma.<sup>[B 7][24]</sup>

Die Autoren geben die aus diesen Messungen geschätzten Konzentrationen der in den verschiedenen Potenzen enthaltenen Metalle in ihrer Tabelle 2 wieder, nachfolgend in Auszügen zu sehen:

Homöopathische Verdünnung	Hersteller SBL Probe 1	Hersteller SBL Probe 2	Hersteller SBL Probe 3	Hersteller WSI Probe 1	Hersteller WSI Probe 2
90 %v/v Ethanol	ND	ND	ND	ND	ND
Gold C6	81.4	76.4	ND	----	----
Gold C30	64.8	ND	58.2	ND	ND
Gold C200	ND	104.6	ND	ND	ND
90 %v/v Ethanol	153.4	245.0	149.0	245.0	149.0
Kupfer C6	1199.0	995.2	1355.6	893.4	370.8
Kupfer C30	730.2	703.2	1383.4	38.6	ND
Kupfer C200	485.4	432.2	2680.2	ND	ND
90 %v/v Ethanol	ND	ND	ND	ND	ND
Zinn C6	569.4	409.2	195.8	180.8	153.0
Zinn C30	901.6	889.6	145.6	93.8	76.4
Zinn C200	877.8	1055.8	63.8	20.8	73.0

Alle Konzentrationen in pg/ml; ND = nichts detektiert; ---- bedeutet, dass die Messung nicht durchgeführt wurde; SBL (gegr. als Sharda Boiron Laboratories Ltd. und WSI (Dr. Willmar Schwabe India) sind die beiden Herstellerfirmen der untersuchten Homöopathika.

Obwohl diese Tabelle vollkommene unplausible Werte enthält, werden diese Ergebnisse im Text nirgends kritisch diskutiert:

- Chikramane et al. machen zwar die gefundenen Nanopartikel für homöopathische Arzneimittelwirkungen verantwortlich, können jedoch in einer ganzen Reihe der getesteten Potenzen keine Nanopartikel nachweisen – zum Beispiel in etlichen Potenzen von Gold und Silber.
- Chikramane et al. geben keine Erklärung dafür, warum sie zwar hier bei der Emissionsspektrometrie bei einigen Proben keine Nanopartikel der Wirkstoffe nachweisen können, die SAED-Messungen derselben Proben aber angeblich eine Identifikation der Partikel zulassen. So zeigen die SAED-Messungen in



Abbildung 3g) und 3h) der Veröffentlichung charakteristische Punkte-Interferenzmuster kristalliner Substanzen während in denselben Potenzen (Aurum C30 (WSI), C200 (WSI)) bei der Emissionsspektrometrie laut Tabelle 2 kein Gold nachweisbar war.

- Überhaupt variieren die gefundenen Konzentrationen stark von Probe zu Probe, auch für ein und dieselbe Substanz oder Potenz.<sup>[B 8]</sup> So variieren beispielsweise die Werte für das in den C6-Potenzen verschiedener Hersteller gefundene Kupfer zwischen 370 pg/ml bis zu 1200 pg/ml, die Werte für Zink in der C30 zwischen 165 pg/ml und über 3000 pg/ml und die Werte für Zinn in der C200 zwischen 20 pg/ml und über 1000 pg/ml. Möchte man eine homöopathische Arzneimittelwirkung wirklich an den hier nachgewiesenen Partikeln festmachen, so ist es unverständlich, wie verschiedene Chargen der Arzneien mit derart unterschiedlichen Konzentrationen der Partikel verlässlich gleiche Wirkungen entfalten sollten.
- Der von Chikramane et al. diskutierte Mechanismus der Nanobläschen, die die Metallteilchen beim schrittweisen Verdünnen in der Lösung halten sollen, kann in keiner Weise erklären, wie es sein kann, dass man in einigen Fällen in den Hochpotenzen höhere Konzentrationen gemessen haben will als in der C6. (Besonders bei Zinn vermehrt sich die enthaltene Konzentration von der C6 (409 pg/ml) zur C200 sogar rund um das 2,5-fache (1055 pg/ml), obwohl es sich laut Autoren um dieselbe Charge handelt.)
- Chikramane et al. gehen in ihrer Arbeit an keiner Stelle davon aus, dass bis zur C6 (also bei den ersten Potenzierungsschritten) die Verdünnung nicht im erwarteten Maße bei jedem Schritt abnehmen würde. Sie beschreiben erst ab der C6 und höher eine Plateaubildung der Konzentration und bezeichnen ihre Beobachtungen diesbezüglich sogar als konsistent mit denen anderer Arbeitsgruppen (unter ihrer Abbildung 4). Umso erstaunlicher scheint es, dass es den Autoren nicht auffällt, dass ihre Messwerte für die C6-Proben vollkommen absurd sind. Laut Tabelle 2 messen Chikramane et al. eine Konzentration von rund 80 Pikogramm Gold pro Milliliter in der C6. Wenn die Autoren eine Plateaubildung erst ab der C6 sehen, dann kann man davon ausgehen, dass die Konzentration bis zur C6 wie erwartet absinkt. Dann kann man aus der gemessenen Konzentration in der C6 aber auch zurückrechnen, welche Goldkonzentration die Urtinktur gehabt haben muss: Eine C6 ist eine Verdünnung von  $1:10^{12}$ , ein Pikogramm aber auch  $10^{-12}$  Gramm. Das bedeutet, dass die von Chikramane angegebene Konzentration nur möglich wäre, wenn in der Urtinktur 80 g Gold pro Milliliter (bzw. Kubikzentimeter) gewesen wäre. Vergleicht man dies mit der spezifischen Dichte von purem Gold (etwa 19 Gramm pro Kubikzentimeter<sup>[25]</sup>), dann ergibt sich, dass die Urtinktur vier mal so viel Gold pro Milliliter enthalten haben müsste wie pures Gold. Die gemessenen Werte für die C6 von Kupfer sind sogar noch etwa um den Faktor 15 höher und damit noch weniger plausibel.

Es ist nicht nachvollziehbar, dass es einem Professor für Chemieingenieurwesen, wie es Chikramane am *Indian Institute of Technology Bombay (IIT-B)* ist, entgangen sein kann, dass er in seiner zweiten Tabelle Messergebnisse vorlegt, die überhaupt nicht zu seinen im Paper geäußerten Hypothesen passen. Sie sind vielmehr völlig unplausibel, wenn man den Herstellungsprozess der Homöopathika bedenkt oder eine Plateaubildung ab der C6 behauptet. Ebenso ist unverständlich, dass dies allen Autoren entgangen ist, die die Arbeit als Grundlage der Nanopartikel-Hypothese zitieren.

Darüber hinaus ist unbegreiflich, dass weder Chikramane et al. noch den Autoren, die ihn zitieren, auffällt, dass Chikramanes Hypothesen ein großes Problem für die Homöopathie darstellen würden, würden sie durch Messungen tatsächlich bestätigt. Denn wäre eine Plateaubildung der Konzentration von Nanopartikeln konstanter Größe ab der C6 und allen höheren Potenzen wirklich Auslöser einer Wirksamkeit dieser Verdünnungen, dann könnten sie sich – anders als es die Homöopathie von ihnen behauptet – gar nicht in ihrer Wirkung auf den Patienten unterscheiden, weil sich ihre Zusammensetzung ja nicht mehr ändert. Eine Produktion von Potenzen deutlich über die C6 hinaus wäre entsprechend sinnlos, das Produkt hätte den Endzustand erreicht, sobald man das Plateau erreicht hat.

### **Nicht aussagekräftige Kontrollmessungen**

Zur Untersuchung, ob in den Homöopathika enthaltene Nanopartikel überhaupt etwas mit der von Homöopathen postulierten Arzneimittelwirkung zu tun haben könnten, genügt es nicht allein, das Vorhandensein von Nanopartikeln in den Arzneien nachzuweisen. Ein mindestens ebenso wichtiger Schritt der

Untersuchung ist der Nachweis, dass die gefundenen Nanopartikel spezifisch für das vorliegende Mittel und nicht etwa einfache Verunreinigungen sind.  
 Cookies helfen uns bei der Bereitstellung der Homöopedia. Durch die weitere Nutzung erklären Sie sich damit einverstanden, dass wir Cookies speichern. [Weitere Informationen](#) [Okay](#)

Der beste Weg, dies zu überprüfen, wäre in der vorliegenden Arbeit gewesen, das von den beiden Herstellern jeweils benutzte Lösungsmittel ebenfalls verschütteln zu lassen und dann zu untersuchen. Ergänzend wäre es sinnvoll, die getesteten Mittel auf die jeweils anderen untersuchten Partikel hin zu untersuchen (also beispielsweise in der verdünnten Goldlösung auch nach Silber und den anderen Metallen zu suchen und umgekehrt). Beide Tests (also das verschüttelte Lösungsmittel und die Gegenproben auf die anderen Stoffe) müssen negativ sein, dürfen also keine entsprechenden Nanopartikel finden, da sonst nicht davon ausgegangen werden kann, dass die entdeckten Nanopartikel charakteristisch für das jeweilige Mittel sind.

Es ist ein äußerst schwerwiegender Fehler der Arbeit von Chikramane et al., dass diese für einen wissenschaftlichen Nachweis unerlässlichen Gegenproben unterlassen wurden und man stattdessen für die zu klärende Frage nicht aussagekräftige Vergleichsmessungen mit hochreinem Alkohol, der bei der Herstellung der Homöopathika gar nicht verwendet wird, durchgeführt hat:

*Als Gegenprobe wurden 90 %v/v Ethanolproben unter Verwendung von HPLC-geeignetem Ethanol<sup>[B 9]</sup> und Milli-Q-Wasser vorbereitet.<sup>[B 10]</sup>*

Man hat also für die Kontrollmessungen eine Kontrollflüssigkeit benutzt, die bei der Herstellung der Homöopathika gar nicht zum Einsatz kam. Milli-Q<sup>®</sup> Wasser ist ein als Markenzeichen eingetragenes Reinstwasser. Bei seiner Herstellung werden durch UV-Licht organische Moleküle abgetötet, ionische und organische Verunreinigungen bis in den Spurenbereich entfernt und zuletzt mehrfach gefiltert. Der Hersteller verspricht, dass das Reinstwasser frei ist von „Partikeln, Bakterien, Pyrogenen, Nukleasen, Proteasen, VOC, endokrin wirksamen Substanzen und organischen Verbindungen“.<sup>[26]</sup>

Kommen bei der Herstellung der Homöopathika normaler Ethanol-Alkohol und Trinkwasser zur Verwendung, so ist allein durch die Wahl dieser hochreinen Kontrollflüssigkeit fast unvermeidlich, Unterschiede zwischen den Proben und den Kontrollen zu messen. In jedem Fall können die Autoren mit dieser Vorgehensweise verschiedene Möglichkeiten nicht ausschließen, wie die gefundenen Nanopartikel auf anderem Wege in die Proben gelangt sein könnten:

- Sie könnten beim Herstellungsprozess über verwendete Apparaturen oder die Luft in die Homöopathika gelangt sein und daher von Charge zu Charge höchst unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung sein.
- Chikramane et al. behandeln ihre Proben mit Salpetersäure bzw. Königswasser. Die gefundenen Partikel könnten bei diesem Schritt eingebracht worden sein.

*Die Ablagerungen von Cuprum met, Stannum met und Zincum met wurden durch Hinzufügung von Salpetersäure angesäuert, um die Partikel ihrer jeweiligen Startmetalle in Lösung zu bringen. Ähnlich wurde Königswasser (konzentrierte Salpetersäure und Salzsäure im Verhältnis 1:3) zu den Rückständen bei Aurum met, Argentum met und Platin hinzugefügt.<sup>[B 11]</sup>*

- Sie könnten aus dem von den Herstellern verwendeten Lösungsmitteln stammen. Das ist sogar die nächstliegende Erklärung: sie erklärt automatisch mit, warum Chikramane et al. kein Absinken der Konzentrationen finden. Mit dem Nachschütten des Lösungsmittels würden die Verunreinigungen bei jedem Potenzierungsschritt immer wieder neu eingebracht.

Alle drei Quellen der Partikel sind nicht nur denkbar, sondern sogar eine wahrscheinliche Quelle von Verunreinigungen aller Art. Es ist bekannt, dass im häuslichen Schmutzwasser und damit im Wasserkreislauf Verunreinigungen mit allen möglichen Metallen vorliegen. Selbst die Konzentration eines edlen Metalls wie Gold liegt im Abwasser Messungen zufolge bei rund 0,1 µg/l.<sup>[27]</sup> Entsprechend finden sich Metalle auch in wasserhaltigen Lösungsmitteln oder auf Oberflächen, die mit Wasser in Berührung kommen. Alle diese Möglichkeiten machen die von den Autoren vorgeschlagene komplexe Hypothese von Nanobläschen, die die



Partikel beim schrittweisen Verdünnen in der Lösung halten sollen, unnötig. Alles, was die Arbeit von Chikramane et al. wirklich belegt, ist, dass in Lösungen homöopathischer Arzneien Verunreinigungen enthalten sind.

## Arbeit von Chikramane 2012

Prashant S. Chikramane et al. haben im Jahr 2012 eine weitere oft zitierte Arbeit zum Thema vorgelegt.<sup>[28]</sup> Mit der Veröffentlichung in *Langmuir* gelang es den Autoren, die Nanopartikelthese in einer renommierten peer-reviewten wissenschaftlichen Fachzeitschrift, die von der *American Chemical Society* herausgegeben wird, zu platzieren.

### Kurzbeschreibung

Diese neue Arbeit stellt keine Reproduktion der ursprünglichen Messungen dar. Die Autoren betrachten das Vorhandensein wirkstoffabhängiger Nanopartikel mit ihrem Artikel von 2010 als nachgewiesen. Die schweren Mängel dieser ursprünglichen Arbeit werden auch hier nicht thematisiert.

Mit der neuen Arbeit will man vielmehr die 2010 formulierte Hypothese testen, beim Verschütteln entstehende Nanobläschen seien dafür verantwortlich, dass die Konzentrationen der Wirkstoffe zwar bis zur C6 wie erwartet absinken, sich darunter aber ein Sättigungszustand einer stabilen, nicht weiter absinkenden Konzentration von Nanopartikeln der Ausgangssubstanz einstellt.

In Umkehrung der ursprünglichen Arbeit wurden für das neue Experiment gezielt Gold-Nanopartikel hergestellt und in einer Lösung verschüttelt. Die Bläschenbildung wird am Boden der Flüssigkeit sowie oberflächennah im Bild dokumentiert; bis hinunter zur C15 wird die Konzentration der noch vorhandenen Gold-Nanopartikel gemessen. Die Ergebnisse werden von den Autoren als Bestätigung ihrer ursprünglichen Hypothesen gewertet.

### Unplausibilität der Schlussfolgerungen aus den Messergebnissen

Tatsächlich sind die in der Arbeit angegebenen Zahlenwerte zum Teil höchst unplausibel und nicht in der Lage, diese Hypothese zu stützen, sondern widersprechen ihr zum Teil sogar:<sup>[23]</sup>

- In der ursprünglichen Arbeit war von „Nanobläschen“ die Rede, die angeblich beim Verschütteln entstehen sollten. Die Durchmesser der nun im Experiment gebildeten Bläschen (Abbildung 4 der Veröffentlichung) liegen eher im Millimeterbereich. Überhaupt lässt die Messgenauigkeit bei der Bläschengröße keine Unterscheidung unterhalb von einem Millimeter zu. Dass die in der Hypothese noch als essentiell dargestellten<sup>[B 12]</sup> „Nanobläschen“ im Experiment also gar nicht nachweisbar waren, diskutieren die Autoren mit keinem Wort.
- Die Autoren untersuchen die Konzentrationsänderungen der zugegebenen Nanopartikel unter verschiedenen Bedingungen: Neben der bei der Herstellung homöopathischer Arzneien üblichen schrittweisen Verdünnung und Verschüttelung werden die Bläschen zum Vergleich auch durch Begasung oder Ultraschall zwischen den Verdünnungsschritten erzeugt. Die Autoren diskutieren nicht, welche Bedeutung es für die Herstellung homöopathischer Arzneien nach der von ihnen aufgestellten Hypothese eigentlich hätte, dass sie messen, dass die Konzentrationen der Goldpartikel in der obersten Schicht unter Begasung sogar noch langsamer absinken als unter Verschüttelung (Vergleich von Abbildung 6 und 7 im Chikramane-Paper). Sie diskutieren auch nicht, dass die Begasung von den drei betrachteten Verfahren dasjenige ist, bei dem die größten Bläschen entstanden.
- Sowohl Abbildung 6 als auch 7, die den Verlauf der Konzentrationen der in die Lösung eingebrachten mit der Verdünnung zeigen, haben logarithmische Skalierung. Ein Konzentrationsabfall von weniger als einer Zehnerpotenz erscheint in einer solchen Darstellungsweise deswegen schnell als „Plateau“.
- Die in den Abbildungen 6 und (vor allem) 7 der Arbeit dargestellten Ergebnisse zeigen zwar, dass die an der Oberfläche vorhandenen Bläschen den Konzentrationsabfall der eingebrachten Gold-Nanopartikel in der obersten Flüssigkeitsschicht tatsächlich verlangsamen, doch zeigen sie auch, dass dieser Effekt die Hypothesen von Chikramane et al. aus der Veröffentlichung von 2010 eben gerade nicht stützen kann:

Bereits bei den letzten in der Abbildung vorhandenen Potenzierungsschritten (die Abbildung geht bis zur C15) sinkt die Konzentration dann eben doch unter die Nachweisgrenze ab. Eine C15 ist aber noch viele Verdünnungsschritte von den in der ursprünglichen Arbeit von 2010 betrachteten C30 und C200 entfernt.

- Überhaupt geben die Autoren keinen Grund dafür an, warum sie ihr Experiment bei der C15 abbrechen, obwohl sie doch laut ihrer eigenen Aussage mit diesem Artikel eine Erklärung liefern wollen, wie sich Nanopartikel bis zur C30 oder C200 halten können.
- Die Autoren begründen den zwischen der C12 und der C15 dann eben doch selbst in der logarithmischen Darstellung sehr deutlichen Abfall der Konzentration mit der Schwierigkeit, die oberste Schicht der Lösung zu erwischen: Im vorgestellten Modell sollen die Bläschen eine an der Oberfläche befindliche „Mono-Schicht“ in der Lösung enthaltener Nanopartikel erzeugen. Da diese Schicht sehr dünn sei, sei es schwer, diese obersten 1 % des Flüssigkeitsvolumens manuell abzuschöpfen und in den nächsten Verdünnungsschritt hinüberzubringen.<sup>[B 13]</sup> Dass sie damit eigentlich ihre gesamte Hypothese ad absurdum führen, wird mit keinem Wort diskutiert: Bei der Herstellung homöopathischer Arzneien wird in keiner Weise penibel darauf geachtet, die alleroberste dünne Schicht der verschüttelten Lösung abzunehmen. Bei der Einglasmethode wird sogar einfach abgegossen und weiter verwendet, was an Flüssigkeit an den Gefäßwänden haften blieb. Für die Mehrglasmethode gibt es keine Anweisung, wo in der Lösung die weiterverwendete Menge Flüssigkeit abzunehmen sei. Auch Hahnemann hat keine solche Anweisung hinterlassen.

Darüber hinaus gibt es ein weiteres logisches Problem der Vorgehensweise: Die Autoren stellen hier gezielt Gold-Nanopartikel her und bringen sie in ihre Ausgangslösung ein. Auf die Frage, warum denn bereits in der Urtinktur der Wirkstoff überhaupt in Form von Nanopartikeln vorliegen soll, gehen sie nirgends ein. Andere Autoren, wie Papiya Nandy (siehe unten) und Iris Bell (siehe unten) beziehen sich zwar gerne auf die Veröffentlichung von Chikramane im *Langmuir*, sehen aber dennoch das Verschütteln der Lösung als den Punkt im Herstellungsprozess, an dem die Partikelgröße sinkt und die Nanopartikel entstehen – ein klarer Widerspruch.

## Übersichtsartikel von Nandy

Papiya Nandy<sup>[29]</sup> will mit seinem Übersichtsartikel vorgeblich ein physikalisches Erklärungsmodell für die Wirkweise homöopathischer Hochpotenzen entwerfen. Die wesentliche Aussage der Arbeit ist, die Größe der Nanopartikel nähme mit zunehmender Potenz ab und dass dies für die von Homöopathen behauptete unterschiedliche Arzneiwirkung von Niedrig- und Hochpotenzen verantwortlich sei.

Bei dem Text handelt es sich um einen zusammenfassenden Überblick mehrerer Arbeiten meist derselben Arbeitsgruppe, wobei die einzelnen Messungen nur umrissen werden. Deswegen sind genaue Vorgehensweise und vor allem die Fehlerquellen der einzelnen Messungen oft nur schwer nachvollziehbar. Das gilt besonders, weil in den meisten Grafiken keine Fehlerbalken angegeben sind, wie es eigentlich bei seriösen wissenschaftlichen Arbeiten gefordert ist.

Eine mögliche Erklärung für das Fehlen der Fehlergrenzen könnte in der Art liegen, wie die Arbeit und die meisten anderen Veröffentlichungen zum selben Thema der Arbeitsgruppe um Papiya Nandy veröffentlicht wurden: Sie sind im *International Journal of Innovative Research in Science & Engineering* erschienen. Dieses befindet sich nicht auf der indischen „White List“ vertrauenswürdiger Fachjournale.<sup>[30]</sup> Ein strenger „Peer Review“, also eine Kontrolle auf fachlich korrekte Inhalte durch Fachkollegen, ist in den auf derartigen Listen stehenden Fachzeitschriften im Gegensatz zu renommierten Journalen nicht gewährleistet. Leider werden auch derartige Journals *indiziert*, also von Suchmaschinen wie *Google Scholar* gefunden und sind daher benutzbar, um die Anzahl der eigenen Veröffentlichungen in die Höhe zu treiben.<sup>[31]</sup>

Natürlich ist das Erscheinen in einem wenig vertrauenserweckenden Journal allein kein Argument gegen die Arbeit, aber ein Warnsignal. Eine nähere Betrachtung zeigt jedoch, dass die Autoren mitunter einander vollkommen widersprechende Messergebnisse zitieren, ohne auf die Widersprüche und die daraus resultierende Problematik für die vorgelegten Hypothesen einzugehen. Das Ignorieren von Widersprüchen betrifft dabei keineswegs Detailspekte, sondern die zentrale These der Arbeit – nämlich, dass die durchschnittliche Größe der in homöopathischen Hochpotenzen angeblich wirksamen Nanopartikel mit der Potenz abnimmt.

Nandy bezieht sich bezüglich des Nachweises von Nanopartikeln in den Homöopathika auf ältere Arbeiten, vor allem auf die oben besprochenen Arbeiten von Chikramane. Dabei wird aber mit keinem Wort erwähnt, dass Chikramanes Ergebnisse den Ausführungen in Nandys Veröffentlichung fundamental widersprechen: Will Nandy eine systematische Größenabnahme der durchschnittlichen Partikelgröße finden,<sup>[B 14]</sup> haben Chikramane et al. betont, dass sie mit verschiedenen Untersuchungsmethoden keine Unterschiede in Größe und Form der beobachteten Partikel in den verschiedenen Potenzen finden konnten.

*Insgesamt ergeben unsere Daten für Hellfeld-TEM keine Hinweise auf einen großen Unterschied in der Größe oder Art der Teilchen, wenn wir für eine bestimmte Arznei die Potenz von C30 bis C200 erhöhen. Deshalb wurden die einzelnen Kristallitgrößen zusätzlich noch durch Dunkelfeld-TEM<sup>[B 15][21]</sup> bestimmt. (...) So ergaben sich auch im Falle von Dunkelfeld-TEM keine größeren von der Potenz abhängigen Unterschiede in der Größenverteilung der Kristallite.<sup>[B 16]</sup>*

Bei der zweiten Arbeit, die Nandy als Nachweis von Nanopartikeln in Homöopathika heranzieht, schreibt sogar Nandy selbst, dass dort keine Größenunterschiede vorlagen:

*Die Experimente von Upadhyay und Nayak zeigten hohe Nanopartikelgehalte, reich an Silizium und mit kristalliner Natur, aber die Größenverteilung der Nanopartikel und deren Cluster stellten sich als fast gleich bei verschiedenen Potenzen heraus.<sup>[B 17]</sup>*

*Die Größenverteilung aus der DLS-Studie (DLS = dynamic light scattering), als die Probe im flüssigen Zustand war, ist nicht dieselbe, wie in der HRTEM-Bilder-Studie (HRTEM = high-resolution transmission electron microscopy) gemessen, bei der es zur Klumpung kommt, wenn die Probe im Vakuum trocknet.<sup>[B 18]</sup>*

Das Ignorieren solcher innerer Widersprüche im eigenen vorgelegten Modell zeigt, dass die Autoren ihre eigenen Thesen überhaupt nicht kritisch hinterfragen und schlicht in jedem Messergebnis eine Bestätigung sehen.

## Nanopartikelbasiertes Modell von Iris Bell

Die Psychiaterin Iris Bell benutzt die Nanopartikelhypothese als Ausgangsbasis eines von ihr konstruierten Modells, mit dem sie laut mehrerer inhaltlich sehr ähnlicher Veröffentlichungen<sup>[32][33][34]</sup> die Wirkweise homöopathischer Arzneien erklären will. Dass eine Wirksamkeit über Placebo hinaus nicht nachgewiesen ist<sup>[14][35]</sup> und somit auch nicht die Notwendigkeit einer komplexen Erklärung, wird von ihr in diesen Arbeiten nicht thematisiert. Iris Bell nennt ihr Modell *Nanopartikel-allostatiche Kreuzadaptions-Sensibilisierung* („NPCAS“, „Nanoparticle-allostatic Cross-Adaptation-Sensitization“) und bezeichnet es als „testbare Hypothese“, ohne jedoch in einer ihrer Arbeiten gezielte Testmöglichkeiten für ihre Spekulationen vorzuschlagen oder gar durchzuführen.

Das Modell von Iris Bell setzt sich aus folgenden Punkten zusammen:

- Homöopathische Arzneien enthalten Nanopartikel der Urtinktur oder von der Urtinktur abhängige Silikat-Nanopartikel
- Die Nanopartikel des homöopathischen Simile bewirken eine allostatiche Stressantwort<sup>[B 19]</sup> im Organismus
- Heilwirkungen beruhen auf der Anpassungsfähigkeit lebender Systeme auf derartige Stressoren über Prozesse wie Hormesis (siehe unten), Kreuzadaptation (umgangssprachlich: „Abhärtung“) oder zeitabhängige Sensibilisierung

Laut Bell besteht das homöopathische Mittel also aus Nanopartikeln, die als Niedrigstressoren wirken und letztlich die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber diesem Krankheitsbild erhöhen.

## Homöopathie als Nanomedizin

Herzstück des Modells ist der Nanopartikel-Charakter homöopathischer Arzneien. Als einen wichtigen Beleg hierfür zitiert Iris Bell die grob fehlerhafte Arbeit von Chikramane aus dem Jahr 2010. Auf die zahlreichen möglichen Fehlerquellen dieser Arbeit geht sie nicht ein. Es wird auch nicht thematisiert, dass in keiner einzigen der von ihr zitierten Arbeiten zu homöopathischen Nanopartikeln ein Nachweis erfolgt, dass sich die behaupteten Nanopartikelgehalte homöopathischer Arzneien tatsächlich auch voneinander *unterscheiden* und es sich bei den von Chikramane und anderen Autoren beobachteten Partikeln nicht um normale und unvermeidbare Verunreinigungen handelt. Keine Arbeit versucht, homöopathische Arzneien anhand der enthaltenen Nanopartikel zu identifizieren – und schon gar nicht verblindet.

Neben Nanopartikeln des Wirkstoffes aus der Urtinktur sollen die Arzneien laut Bell auch Silikat-Nanopartikel enthalten, die sich beim Verschütteln aus der Glaswand der Gefäße gelöst haben sollen und die in einer nicht näher spezifizierten Weise durch die Wirkstoffe der Urtinktur „verändert“ worden sein sollen. Abgesehen davon, dass dieser Vorgang alles andere als physikalisch plausibel ist – Schütteln löst normalerweise keine nennenswerten Materialmengen aus Glasgefäßen – thematisiert Bell nicht, dass ein Teil ihrer Quellen in keiner Weise derartige Silikatpartikel findet oder dass ein Teil ihrer Quellen die Nanopartikel als in voller Menge bereits in niedrigen Potenzen vorhanden sehen will (beispielsweise ihre Hauptquelle Chikramane et al.). Bell kombiniert einfach alle Arbeiten, die über Nanopartikel in Homöopathika veröffentlicht wurden und führt sie als Belege ihrer Thesen an – unabhängig davon, ob sich diese Arbeiten gegenseitig widersprechen: Sie legt sich nicht fest, ob es sich nun um Nanopartikel der Wirkstoffe oder um Silikatpartikel, die irgendwie von den Wirkstoffen modifiziert sind, handelt, postuliert aber, exakt zu wissen, was diese Partikel tun und wie sie sich verhalten.

Sie erwähnt auch nicht, dass die Ergebnisse einer ihrer eigenen Untersuchungen dieser Vermutung widersprechen.<sup>[36]</sup> Auf vier unterschiedliche Weisen hergestellte Homöopathika (gerührt, also ohne Verschüttelung, sowie 20, 40 und 100 Verschüttelungen pro Herstellungsschritt) wurden dort über EEG-Daten der Studienteilnehmer, die an den Präparaten riechen, verglichen. Nur eine einzige („Pulsatilla, alpha 1“) der auf diese Weise erzeugten Testreihen zeigt überhaupt statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Herstellungsmethoden. In dieser einen Messreihe ergibt sich aber keine eindeutige Effektrichtung, sondern die Daten schwanken einfach nur:

Homöopathische Arznei	Untersuchtes EEG-Band	Null Verschüttelung	20 Schüttler pro Schritt	40 Schüttler pro Schritt	100 Schüttler pro Schritt
Sulphur	alpha 1	15.606 (0.43)	15.170 (0.43)	15.417 (0.43)	15.264 (0.43)
Sulphur	alpha 2	11.420 (0.38)	11.499 (0.38)	11.434 (0.38)	11.596 (0.38)
<b>Pulsatilla</b>	<b>alpha 1</b>	<b>15.396 (0.48)</b>	<b>15.522 (0.48)</b>	<b>14.699 (0.48)</b>	<b>15.341 (0.48)</b>
Pulsatilla	alpha 2	12.967 (0.41)	13.484 (0.41)	13.226 (0.41)	13.232 (0.41)

(In Klammern der in der Originalarbeit angegebene Stichprobenfehler)

Pulsatilla zeigt im ersten der beiden EEG-Bänder statistisch signifikante Veränderungen, aber keinen Trend: Mit zunehmender Schüttlerzahl steigen die Werte zunächst auf ein Maximum, fallen dann aber wieder ab und steigen bei 100 Schüttlern wieder auf einen Wert, der dem Wert für null Schüttler recht ähnlich ist. Wären Homöopathika tatsächlich davon abhängig, dass beim Verschütteln eine bestimmte Menge Silikatnanopartikel in die Lösung eingebracht wird, so müssten unterschiedliche Herstellungsverfahren eindeutig unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Die Vergleiche mit Textstellen nicht-homöopathischer Arbeiten, auf die sich Bell in ihrem Modell beruft, wirken nicht selten sehr weit hergeholt. So sieht Bell eine Parallele zwischen der homöopathischen Vorstellung<sup>[33]</sup>

*Höhere Potenzen (mehr Verdünnungs- und Verschüttelungsschritte) haben längerfristige Effekte auf lebende Systeme ...* <sup>[B 20]</sup>

und der belegten Aussage:

*Verschüttelung führt, wie moderne Mikrofluidisierungstechniken, zu Zyklen von Fluidbeschleunigung und Turbulenz mit wiederholten Änderungen in der Strömungsrichtung, die das Potential für Partikelkollision und Scherkräfte erzeugen, um immer kleinere Partikel abubrechen. Diese Verfahren unterscheiden sich zwar voneinander und von der Beschallung als Technik zur Anregung von Lösungen zur Herstellung von Nanopartikeln, teilen aber die Fähigkeit, Nanobläschen und Scherkräfte zu erzeugen. Nanopartikelforschung deutet darauf hin, dass es nichtlineare Beziehungen zwischen der Anzahl der Mikrofluidisierungszyklen oder der Beschallungszeit und den Variationen in Größe, Form und physikalisch-chemischen Eigenschaften der „gleichen“ großteiligen Ausgangssubstanz gibt.* <sup>[B 21]</sup>

Während der wissenschaftliche Text lediglich beschreibt, dass durch unterschiedlich lange Herstellungsprozesse auch unterschiedliche Nanopartikel mit entsprechend verschiedenen Eigenschaften herstellbar sind, sagt er entgegen der Gegenüberstellung durch Iris Bell nichts über homöopathische Arzneien und schon gar nichts über längerfristige Effekte von höheren Potenzen.

Der Nanopartikel-Ansatz ist also Herzstück von Bells Modell, wird von ihr aber nur über methodisch schlechte und sehr selektiv ausgewählte Arbeiten und großzügig interpretierte Aussagen untermauert und steht deshalb auf insgesamt sehr unzureichenden Belegen. Deshalb halten es Wissenschaftler für plausibler, dass es sich bei den gefundenen Nanopartikeln lediglich um unsystematische Verunreinigungen der Lösungen handelt.<sup>[37]</sup> Anzurechnen ist ihr aber, dass sie als nahezu einzige Autorin einräumt, dass die Annahme, in den Arzneien seien Nanopartikel enthalten, keineswegs ausreicht, um medizinisch relevante Effekte im Sinne des homöopathischen Ähnlichkeitsprinzips zu erklären. Um diese Lücke zu schließen, ergänzt Bell ihr Modell deshalb um weitere Hypothesen. Wissenschaftlich sinnvoller wäre es allerdings gewesen, die Nanopartikelhypothese erst sauber zu überprüfen (indem man belegt, dass man verblindet verschiedenste Arzneien und Potenzen anhand der darin nachweisbaren Nanopartikel unterscheiden kann), bevor man darauf aufbauende Spekulationen formuliert.

## Hormesis

*Hormesis* ist das im Rahmen toxikologischer Untersuchungen beobachtete Phänomen, dass bei einigen Substanzen sehr niedrige Dosen den Stoffwechsel von Zellen stimulieren, während sie ihn in höheren Dosen hemmen. Erste systematische Untersuchungen hierzu führten *Hugo Paul Friedrich Schulz* und *Rudolf Arndt* an der Universität Greifswald gegen Ende des 19. Jahrhunderts durch. Sie formulierten schließlich die *Arndt-Schulz-Regel*:<sup>[38]</sup> Schwache Reize fachen die Lebenstätigkeit an, mittelstarke Reize fördern sie, starke hemmen sie, stärkste heben sie auf. Der erst in den 1940ern geprägte Begriff *Hormesis* steht heute für Prozesse, in denen Zellen oder Organismen verschieden gerichtete Reaktionen zeigen, wenn sie wachsenden Dosen einer Substanz oder einer anderen Einflussgröße (zum Beispiel einem sensorischen Reiz) ausgesetzt werden. Hormetische Dosis-Wirkungs-Kurven zeigen eine ganz charakteristische zweiphasige *U-* oder *J-Form* (also gebogene Kurven mit einem Maximum oder Minimum und einem entgegengesetzt gerichteten Bereich dahinter).

Bereits Schulz und Arndt sahen sich bei der beobachteten Wirkumkehr mancher Substanzen bei sinkender Dosis an das Ähnlichkeitsprinzip der Homöopathie erinnert. Bis heute griffen verschiedene Homöopathen diese Ansicht bereitwillig auf, unter anderem der deutsche Arzt *August Bier*.<sup>[38]</sup> Iris Bell ist also nicht die erste Autorin, die eine Verbindung zwischen Hormesis und Homöopathie sehen möchte.

Während das biologische Phänomen der Hormesis mittlerweile gut dokumentiert ist, so wird sowohl seine Allgemeingültigkeit als auch seine Bedeutung unterschiedlich beurteilt.<sup>[39]</sup> Verschiedene Autoren weisen jedoch immer wieder auf grundlegende Unterschiede zur Homöopathie hin.

- Hormetische Effekte betreffen alle oder zumindest verschiedenste Organismen in gleicher Weise, während homöopathische Arzneien individuell unterschiedlich wirken sollen.<sup>[40]</sup>
- Die Herstellung hormetischer Lösungen erfolgt über normale Verdünnung, während Homöopathika nach strengen Vorschriften schrittweise verdünnt und verschüttelt werden. Dieser Herstellungsprozess ist obsolet, will man Homöopathika als hormetische Lösungen sehen.<sup>[40]</sup>
- Hormetische Reaktionen sind oft schwach und von kurzer Dauer, während die Homöopathie behauptet, langfristige Heilwirkungen zu besitzen. Diese Darstellung ist also über Hormesis nicht zu begründen.<sup>[40]</sup>
- Hormetische Reaktionen werden in Dosen unmittelbar unter toxischen Schwellen beobachtet. Die Effekte treten nicht viele Größenordnungen darunter oder ganz ohne vorhandene Wirkstoffe auf, wie es in vielen Homöopathika der Fall ist.<sup>[41]</sup>

An dieser grundsätzlichen Problematik ändert sich auch nichts, wenn man wie Iris Bell davon ausgehen möchte, dass homöopathische Arzneien Nanopartikel enthalten.

Auch dieser Ansatz macht das Herstellungsverfahren für Homöopathika nicht nur obsolet, sondern hochproblematisch, weil damit selbst im optimistischsten Falle Nanopartikel mit recht großen Unsicherheiten in Größe und Zusammensetzung erzeugt würden. Toxikologische Effekte von Nanopartikeln sind aber eng an diese Parameter gekoppelt – ein Punkt, den Iris Bell nicht korrekt aus der Literatur wiedergibt. So schreibt sie:

*In kleinen Mengen stimulieren Nanopartikel adaptive Veränderungen im Organismus, ohne dabei Schaden anzurichten (Hormesis).*<sup>[32][B 22]</sup>

Die Studie, auf die Bell sich bezieht,<sup>[42]</sup> diskutiert zwar hormetische Effekte durch Nanopartikel, weist aber ausdrücklich darauf hin, dass hier für den hormetischen Bereich zu wenige Daten zur Toxizität existieren. Die Autoren schreiben:

*Diese Unsicherheiten ergeben sich aus Lücken in der Kenntnis über die Faktoren, die für die Vorhersage von Gesundheitsrisiken, wie die Art der Dosis-Wirkungs-Kurve bei niedrigen Expositionen unterhalb der toxischen Schwelle wesentlich sind. Tatsächlich verwendeten die meisten in vitro- und in vivo-Studien, die verschiedene toxikologische Effekte von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNTs), Metallnanopartikeln oder anderen Nanomaterialien untersuchten und identifizierten, hohe Dosen dieser Chemikalien bei Expositionsniveaus, die über die in den verschiedenen Umweltmatrizen oder Arbeitsplätzen angetroffenen hinausgingen. (...) Darüber hinaus hängt die Toxizität von Nanopartikeln nicht nur von deren chemischer Zusammensetzung ab, sondern es müssen auch einige andere Parameter berücksichtigt werden. Tatsächlich legen die vorhandenen Ergebnisse eine Abhängigkeit der biologischen Auswirkungen und der Biokinetik<sup>[B 23]</sup> von Nanopartikeln von ihrer geringen Größe (Oberfläche und Größenverteilung), von der chemischen Zusammensetzung (Reinheit, Kristallinität, elektronische Eigenschaften, etc.), von der Oberflächenstruktur (Reaktivität an der Oberfläche, oberflächliche Gruppierungen, anorganische oder organische Beschichtungen usw.), von Löslichkeit, Form und Klumpung nahe. Eine korrekte Einschätzung der Herbeiführung hormetischer Reaktionen durch Nanopartikel ist daher ohne eine vorausgehende präzise und eindeutige Charakterisierung dieser Materialien nicht möglich.*<sup>[B 24]</sup>

Das ist inhaltlich etwas ganz anderes als Bells Darstellung. Es finden sich weitere Stellen in Bells Artikeln, in denen sie sich auf Arbeiten bezieht, die jedoch die von ihr aufgestellten Thesen gar nicht enthalten.<sup>[37]</sup>



Bell liefert auch keine Begründung, warum für die von ihr postulierte Stressadaptation eine „ähnliche“ Substanz besonders geeignet sein soll; und nicht derselbe Stressor. Darüber hinaus ist Hormesis ein Phänomen, das zwar bei vielen, keineswegs aber bei allen Substanzen beobachtet wird. Hormesis kann also auf keinen Fall eine Erklärung für Homöopathie sein, da diese behauptet, dass das Ähnlichkeitsprinzip ein allgemeingültiges Naturgesetz ist, das alle Stoffe betrifft.<sup>[43]</sup> Eine für verschiedenste Homöopathika völlig einheitliche Dosis-Reaktionskurve, wie sie Iris Bell postuliert<sup>[44]</sup> ist daher sowohl aufgrund der völlig unterschiedlichen Eigenschaften verschiedener Nanopartikel als auch von der fehlenden Verallgemeinerbarkeit hormetischer Phänomene her wenig plausible Spekulation.

## Rezeption

Das Modell von Iris Bell wird von homöopathischen Verbänden weltweit zitiert und verbreitet.<sup>[45]</sup> Wissenschaftlich findet es keine Beachtung, weil die darin geäußerten Vorstellungen hochgradig spekulativ sind, viele der von Bell herangezogenen Quellen entweder höchst mangelhafte Methodik aufweisen oder die von ihr gezogenen Schlussfolgerungen gar nicht stützen. Kritiker werfen Bell daher vor, dass die Anhäufung verschiedenster Fachbegriffe zwar sehr beeindruckend klinge, doch nicht darüber hinwegtäuschen kann, wie spekulativ das gesamte Modell ist.<sup>[37]</sup>

*Die ganze Veröffentlichung klingt sehr beeindruckend, doch wenn man einzelne Passagen analysiert, merkt man schnell, dass es bedeutungslos ist. Es ist nur ein Haufen eklatanter Spekulation. Nun ist Spekulation in der Wissenschaft nicht grundsätzlich eine schlechte Sache, aber nur, wenn sie wenigstens im Ansatz plausibel ist und – noch wichtiger – wenn ihre Grenzen eindeutig anerkannt sind. Nichts davon ist hier der Fall.*<sup>[B 25]</sup>

Vor Gericht ist es Iris Bell gelungen, mit ihrem Modell Geschworene und Richter – naturwissenschaftliche Laien – zu beeindrucken, so dass Klagen gegen Hersteller von Homöopathika abgewiesen wurden.<sup>[46]</sup> Juristen weisen jedoch darauf hin, dass damit keineswegs die Richtigkeit homöopathischer Aussagen belegt sei, sondern dass Gerichte ganz grundsätzlich der falsche Ort seien, medizinische Fachfragen zu klären. Gerichte würden vielmehr immer wieder so entscheiden, so lange der Gesetzgeber Homöopathika als Medikamente einstuft.<sup>[47]</sup>

### Quellen- und Literaturangaben

1. Beispiel: C. Fritzsche: „Homöopathische Hochpotenzen enthalten Nanopartikel der Ausgangssubstanz“, 17. Januar 2011; DZVhÄ Homöopathie.Blog <http://dzvhae-homoeopathie-blog.de/?p=1101> (aufgerufen am 1. März 2017)
2. Größenordnungen in der Mikrowelt <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/groessenordnungenNano.html> (aufgerufen am 29. März 2017)
3. C. Raab, M. Simkó, A. Gzásó, U. Fiedeler, M. Nentwich: „Was sind synthetische Nanopartikel“ NanoTrust-Dossiers Nr. 2. (2008) <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier002.pdf> (aufgerufen am 16. Februar 2017)
4. Industrienorm ISO/TS 80004-2:2015 auf der Webseite der *International Organization for Standardization* <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-2:ed-1:v1:en> (aufgerufen am 21. Februar 2017)
5. Webseite des Projektes DaNa<sup>2.0</sup>, Wissensplattform zu Nanomaterialien, <http://nanopartikel.info/haeufige-fragen/5-was-sind-nanopartikel> (aufgerufen am 26. Mai 2016)
6. Broschüre des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung: „Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umwelttechnologie“ S. 13 „Chemische Funktionalitäten“ [http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/0/06/Einsatz\\_von\\_Nanotechnologien-Fraunhofer-IAO.pdf](http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/0/06/Einsatz_von_Nanotechnologien-Fraunhofer-IAO.pdf) (aufgerufen am 29. März 2017)

7. A. Gazsó: Oberflächenmodifizierte Nanopartikel Teil I: Arten der Modifikation, Herstellung, Verwendung "NanoTrust-Dossier Nr. 046, Mai 2016; <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier046.pdf> (aufgerufen am 16. Februar 2017)

8. A. Nentwich, A. Gazsó. "Herstellungsverfahren von Nanopartikeln und Nanomaterialien." NanoTrust-Dossier Nr. 006 November 2008; <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier006.pdf> (aufgerufen am 16. Februar 2017)
9. Übersicht über verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der Nano-Technologie <http://www.nanotechnologien.com/anwendungen> (aufgerufen am 16. Februar 2017)
10. C. Toumey: „Small differences.“  
In: Nature Nanotechnology 4.5 (2009): 275.  
<http://www.nature.com/nnano/journal/v4/n5/abs/nnano.2009.97.html> (aufgerufen am 16. Februar 2017)
11. O. Prokop, L. Prokop :„Homöopathie und Wissenschaft“, Enke, Stuttgart 1957, ASIN: B01MZGR5BA
12. [http://www.deutschlandfunk.de/nanomaterialien-proteinhuelle-bedeckt-partikel-im-koerper.676.de.html?dram:article\\_id=269750](http://www.deutschlandfunk.de/nanomaterialien-proteinhuelle-bedeckt-partikel-im-koerper.676.de.html?dram:article_id=269750) (aufgerufen am 25. Februar 2017)
13. Umweltbundesamt über Umwelteinflüsse auf den Menschen, Stichpunkt Nanomaterial;  
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/nanomaterial> (aufgerufen am 30. März 2017)
14. National Health and Medical Research Council. 2015. NHMRC Statement on Homeopathy, Canberra: NHMRC; 2015 (Link zum Download (<https://nhmrc.gov.au/about-us/publications/evidence-effectiveness-homeopathy-treating-health-conditions#block-views-block-file-attachments-content-block-1>), das oberste Dokument in der Liste, aufgerufen am 27. November 2018)
15. K. Linde, M. Scholz, G. Ramirez, N. Clausius, D. Melchart, W.B. Jonas: „Impact of study quality on outcome in placebo-controlled trials of homeopathy“  
In: J Clin Epidemiol. 1999 Jul;52(7):631-6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10391656> (aufgerufen am 2. März 2017)
16. P. S. Chikramane, A. Suresh, J. Bellare, S. Kane: „Extreme homeopathic dilutions retain starting materials: A nanoparticulate perspective“ Homeopathy, 2010; 99 (4), 231-242 DOI: 10.1016/j.homp.2010.05.006  
<http://homeoint.ru/pdfs/Extreme%20homeopathic%20dilutions%20retain%20starting%20%20materials-A%20nanoparticulate%20perspective.pdf> (aufgerufen am 22. September 2016)
17. C. Köster: „Studie zu Nanopartikeln – eine Enttäuschung“  
In: Homöopathische Nachrichten, Ausgabe Januar 2011
18. Ein Reader zur Homöopathie-Forschung – Deutscher Zentralverein homöopathischer Ärzte (DZVhÄ), Januar 2013, S. 15, Kapitel 3.5 „Doch was drin ...?“
19. S. Baumgartner: „Stand der Grundlagenforschung in der Homöopathie“  
In:Der aktuelle Stand der Forschung zur Homöopathie; WissHom 2016; S. 44
20. Physiklexikon von *Spektrum der Wissenschaft* zur Transmissionselektronenmikroskopie,  
<http://www.spektrum.de/lexikon/physik/transmissionselektronenmikroskop/14713> (aufgerufen am 19. September 2016)
21. IFW Dresden: Transmissionselektronenmikroskopie – Eine Einführung für das Praktikum –  
[https://www.ifw-dresden.de/userfiles/groups/ikm\\_folder/31imgpool/31\\_tem\\_einfuehrung\\_praktanleitung\\_2012.pdf](https://www.ifw-dresden.de/userfiles/groups/ikm_folder/31imgpool/31_tem_einfuehrung_praktanleitung_2012.pdf) (aufgerufen am 19. September 2016)
22. Interdisciplinary Centre for Electron Microscopy: Erklärung von SA(E)D; <http://cime.epfl.ch/page-26783.html> (aufgerufen am 19. September 2016)
23. K. Datta auf dem englischsprachigen Wissenschaftsportal *Scilogs* über die Artikel von Chikramane et al. [http://www.scilogs.com/in\\_scientio\\_veritas/homeopathy-nanoparticle-chikramane/](http://www.scilogs.com/in_scientio_veritas/homeopathy-nanoparticle-chikramane/) (aufgerufen am 17. September 2016)
24. Beschreibung von ICP-OES auf der Webseite des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung <http://www.iap.fraunhofer.de/de/Analytik/spektrometrie/icp-oes.html> (aufgerufen am 11. Mai 2017)
25. Übersichtstabelle der spezifischen Dichten gängiger Stoffe  
<http://www.schulmodell.eu/index.php/physik/503-dichte-fester-stoffe.html> (aufgerufen am 22. September 2016)

26. Webseite von Merck-Millipore mit Informationen zu seinem Produkt „Milli-Q®“  
[http://www.merckmillipore.com/DE/de/product/Milli-Q-Integral-Wasseraufbereitungssystem,MM\\_NF-C72876?ReferrerURL=https://en.wikipedia.org&bd=1Milli-Q%C2%AE](http://www.merckmillipore.com/DE/de/product/Milli-Q-Integral-Wasseraufbereitungssystem,MM_NF-C72876?ReferrerURL=https://en.wikipedia.org&bd=1Milli-Q%C2%AE) (aufgerufen am 23. September 2016)
27. P. Koppe, A. Stozek: „Kommunales Abwasser“, 4. Auflage, Vulkan-Verlag Essen, ISBN 978-3802728334, S. 339  
<https://books.google.de/books?id=69lhiRZ4t94C&pg=PA339&lpg=PA339&dq=Leitungswasser+Konzentration+Gold+silber&source=bv9&sig=TdW26ck2N1TSnrLZeFKnOYw7BTk&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEWjXvrXX5vjSAhVpCpoK> (aufgerufen am 30. März 2017)
28. P. Chikramane, D. Kalita, A. Suresh, S. Kane, J. Bellare: „Why Extreme Dilutions Reach Non-zero Asymptotes: A Nanoparticulate Hypothesis Based on Froth Flotation“;  
 In: Langmuir (2012), 28 (45), 15864-15875 DOI: 10.1021/la303477s  
<http://www.homresearch.org/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/langmuir.pdf> (aufgerufen am 11. Mai 2017)
29. P. Nandy: „A review of Basic Research on Homoeopathy from a physicist's point of view“  
 In: Indian J Res Homoeopathy 2015;9:141-51 <http://www.ijrh.org/article.asp?issn=0974-7168;year=2015;volume=9;issue=3;spage=141;epage=151;aualst=Nandy> (aufgerufen am 11. Mai 2017)
30. India's white list to curb researchers from publishing in predatory journals;  
<https://journosdiary.com/2017/01/16/india-ugc-predatory-journals/> (aufgerufen am 31. Januar 2017)
31. Artikel in der Süddeutschen Zeitung über die Veröffentlichungspraktiken unseriöser Fachjournale  
<http://www.sueddeutsche.de/bildung/unserioese-fachzeitschriften-simpsons-machen-den-guttenberg-1.2258734> (aufgerufen 8. September 2016)
32. I. R. Bell, G. E. Schwartz. "Adaptive network nanomedicine: an integrated model for homeopathic medicine."  
 In: Front Biosci (Schol Ed) 5 (2013): 685-708. <http://www.multibriefs.com/briefs/icim/homeopathic.pdf> (aufgerufen am 07. Februar 2017)
33. I. R. Bell, M. Koithan: „A model for homeopathic remedy effects: low dose nanoparticles, allostatic cross-adaptation, and time-dependent sensitization in a complex adaptive system.“  
 In: BMC complementary and alternative medicine 12.1 (2012): 191.  
<https://bmccomplementalterm.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6882-12-191> (aufgerufen am 31. Januar 2017)
34. I. R. Bell: „Pursuing the Biological Basis of Homeopathic Remedy Response“, Video des *American Institute of Homeopathy*; [https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=U8IUZRc8-DU&utm\\_content=buffer5344f&utm\\_medium=social&utm\\_source=facebook.com&utm\\_campaign=buff](https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=U8IUZRc8-DU&utm_content=buffer5344f&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buff) (aufgerufen am 31. Januar 2017)
35. Stellungnahme der EASAC (*European Academies Scientific Advisory Council*) zur Homöopathie von 2017 (PDF ([https://easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/EASAC\\_Homeopathy\\_statement\\_web\\_final.pdf](https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/EASAC_Homeopathy_statement_web_final.pdf)), aufgerufen am 1. Juni 2018)
36. I. R. Bell, A. J. Brooks, A. Howerter, N. Jackson, G. E. Schwartz: „Short-term effects of repeated olfactory administration of homeopathic Sulphur or Pulsatilla on electroencephalographic alpha power in healthy young adults.“ Table 3, Succussion  
 In: Homeopathy 100.4 (2011): 203-211. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3190301/> (aufgerufen am 7. Februar 2017)
37. D. Gorski: „A truly homeopathic defense of homeopathy“ – eine umfassende Kritik von Bells Modell auf dem Wissenschaftsblog Science-based Medicine;  
<https://www.sciencebasedmedicine.org/homeopathy-as-nanoparticles/> (aufgerufen am 7. Februar 2017)
38. Bettina Blessing: „Wege der homöopathischen Arzneimitteltherapie“, S. 75ff; Springer Verlag; Auflage: 2010; ISBN 978-3642111662
39. J. Kaiser: „Sipping from a poisoned chalice.“  
 In: Science 302.5644 (2003): 376. [http://voteview.org/pdf/Sipping\\_From\\_a\\_Poisoned\\_Chalice.pdf](http://voteview.org/pdf/Sipping_From_a_Poisoned_Chalice.pdf) (aufgerufen am 12. Februar 2017)
40. M. Oberbaum, S. R. Singer, N. Samuels: „Hormesis and homeopathy: Bridge over troubled waters.“  
 In: Human & experimental toxicology 29.7 (2010): 567-571.  
[http://www.siomifile/siomi\\_pdf/16\\_1\\_2010%20BELLE.pdf#page=34](http://www.siomifile/siomi_pdf/16_1_2010%20BELLE.pdf#page=34) (aufgerufen am 12. Februar 2017)

41. Mark P. Mattson and Edward J. Calabrese (eds.): „Hormesis – A Revolution in Biology, Toxicology and Medicine.“, S.10; Humana Press; Auflage: 2010 (19. November 2009) ISBN 978-1607614944; Cookies helfen uns bei der Bereitstellung der Homöopedia. Durch die weitere Nutzung erklären Sie sich damit einverstanden, dass wir Cookies speichern. Weitere Informationen Okay

42. I. Iavicoli, E. J. Calabrese, M. A. Nascarella: „Exposure to nanoparticles and hormesis.“  
In: Dose-Response 8.4 (2010): dose-response. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.2203/dose-response.10-016.iavicoli> (aufgerufen am 12. Februar 2017)
43. E. Ernst: „Homeopathy – The Undiluted Facts“; Springer International Publishing Switzerland 2016, S.71; DOI 10.1007/978-3-319-43592-3\_11, ISBN 978-3-319-43590-9
44. Abbildung 2 auf Seite 8 in: I. R. Bell, G. E. Schwartz: „Adaptive network nanomedicine: an integrated model for homeopathic medicine.“  
In: Front Biosci (Schol Ed) 5 (2013): 685-708. <http://www.multibriefs.com/briefs/icim/homeopathic.pdf> (aufgerufen am 07. Februar 2017)
45. Verweise finden sich beispielsweise bei der ÖGVH (Österreichische Gesellschaft für Veterinärmedizinische Homöopathie <http://www.oegvh.at/index.php/forschung> (aufgerufen am 31. Januar 2017)) und beim American Institute of Homeopathy oder beim DZVhÄ (<http://www.informationen-zur-homoeopathie.de/?p=662> (aufgerufen am 31. Januar 2017))
46. Artikel „Nanopartikel helfen vor Gericht. Klage gegen Homöopathie-Unternehmen abgewiesen“ auf der Webseite von Hevert [http://www.hevert.com/market-de/arzt/de/meine\\_praxis/medizin\\_aktuell/artikel/nanopartikel-helfen-von-gericht-klage-gegen-homoeopathie-abgewiesen](http://www.hevert.com/market-de/arzt/de/meine_praxis/medizin_aktuell/artikel/nanopartikel-helfen-von-gericht-klage-gegen-homoeopathie-abgewiesen) (aufgerufen am 25. Februar 2017)
47. R. Smith: „How to handle homeopathy?“ auf Lexology; <http://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=81f1cd9e-91b5-4c7f-8d9c-c26f0fd0c96a> (aufgerufen am 25. Februar 2017)

### **Anmerkungen und Originalzitate**

1. ISO/TS 80004-2:2015 hat die ältere Normvorschrift ISO/TS 27687:2008 abgelöst, auf die man noch Hinweise in vielen älteren Quellen findet.
2. Originalzitat: „Here we note two differences between these medical nanoparticles and homeopathic remedies. First, the amount of Aurimune is a known quantity. Second, the gold nanoparticles are not therapeutically active – they are a means by which the active agent, TNF, can be delivered efficiently.“
3. Originalzitat: „Medical nanoparticles are clearly not a version of homeopathy.“
4. Originalzitat: „It is interesting to note that the plateau for non-noble metals showed a higher metal content than for noble metals. Our ICP-AES results suggested that the asymptote effect commences around 6c potency.“
5. Transmissionselektronenmikroskopie oder TEM untersucht eine Probe mittels Elektronenmikroskop. In diesem durchdringen Elektronenstrahlen eine sehr dünne Schicht der Probe und werden anschließend zum Beispiel auf einer fotografischen Platte aufgezeichnet. Durch die elektrischen Ladungen der Elektronen im Strahl, sowie den Atomhüllen und – kernen wird der Elektronenstrahl beim Durchgang durch die Probe abgelenkt und das entstehende Bild gibt Aufschluss auf die in der Probe vorliegenden Strukturen.
6. Feinbereichselektronenbeugung oder – üblicher – *Selected Area Electron Diffraction (SAED)* funktioniert bei kristallinen Substanzen, wenn also die Atome im untersuchten Festkörper in regelmäßigen Rastern angeordnet sind. Die Kristallgitterstruktur ist für jeden Stoff eine einzigartige Kombination von gepackten Atomen und dazwischenliegenden Lücken. Im Elektronenmikroskop schlüpfen die Elektronen entweder durch die Lücken oder schlagen gegen die Atome – es entsteht ein für den Stoff charakteristisches Interferenzmuster. Die Software berechnet aus diesem „Fingerabdruck“ die Intensität der Streuung und den Abstand zwischen den Atomebenen („d-Abstand“). Diese Ergebnisse können mit großen Datenbasen verglichen werden.

7. *Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma* oder „*English – inductively coupled plasma optical emission spectrometry*“ (*ICP-OES*) ist ein spektroskopisches Verfahren zur Bestimmung der in einer Lösung enthaltenen Atome. Die flüssige Probe wird im Zerstäuber versprüht und mit einem mehrere tausend Grad heißem Argon-Plasma vermischt. Bei den verwendeten Temperaturen von über 6000 K werden in der Lösung enthaltene Strukturen völlig zerstört und es liegen nur noch Atome oder Ionen vor. Diese werden durch das Plasma angeregt und emittieren Licht. Im Spektrometer misst man die Verteilung der ausgesendeten Strahlung auf die verschiedenen Wellenlängen. Weil bekannt ist, welche charakteristische Wellenlängen im Spektrum verschiedener Elemente vorhanden sind, kann man aus den auftretenden Wellenlängen die enthaltenen Stoffe identifizieren und aus der Intensität (in etwa „Höhe der Linie im Spektrum“) auf die enthaltene Menge schließen.

Im Originaltext steht noch die mittlerweile ungebräuchliche Abkürzung *ICP-AES* für *Atomemissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma*. Da jedoch aufgrund der Temperaturen die meisten Linien von Ionen, nicht von neutralen Atomen stammen, gilt diese Bezeichnung mittlerweile als verwirrend. Sie bezeichnet aber dasselbe Verfahren.

8. Originalzitat: „We observed a variation up to 40 % in the samples prepared from the same manufacturing batch as compared to a variation up to 1550 % in samples from different batches.“
9. HPLC = Hochleistungsflüssigkeitschromatographie („high performance liquid chromatography“)
10. Originalzitat: „As a negative control, 90 %v/v ethanol samples were also prepared using HPLC grade ethanol and Milli-Q water.“
11. Originalzitat: „The residues of Cuprum met, Stannum met, and Zincum met were acidified to solubilize the particles of their respective starting metals by addition of concentrated nitric acid. Similarly, aqua regia (concentrated nitric acid and concentrated hydrochloric acid in the ratio 1:3) was added to residues of Aurum met, Argentum met, and Platinum met.“
12. Originalzitat: „The nanobubbles play a critical role at this point in facilitating the nanoparticle attachment to the air bubbles ...“
13. Originalzitat: „In our experiments, the height of the liquid in the container was approximately 6 cm, meaning that the monolayer of particles from the 1 % of liquid volume would be only the top 0.6 mm of the liquid surface. The difficulty in skimming off this top 1 % manually and transferring to the next dilution was evident from the sudden drop in the TL concentrations at certain dilutions, illustrating the extreme sensitivity of these processes.“
14. Originalzitat: „The mean size of the nanoparticles of *C. metallicum* at three different potencies 6C, 30C, and 200C, as measured by DLS, are approximately in the range of 13.5-18.5 nm, 1.5-1.7 nm, and 0.62 nm, respectively.“
15. TEM = Transmissionselektronenmikroskopie; der Unterschied zwischen „Hellfeld“- und „Dunkelfeld“-TEM besteht darin, dass bei „Hellfeld“-TEM wenig gestreute Elektronen in den Detektor gelangen, stark gestreute Elektronen nicht; bei „Dunkelfeld“-TEM ist es genau umgekehrt.
16. Originalzitat: „Overall, our data for bright-field TEM do not indicate a major difference in the size or nature of the particles in a particular medicine as we increase potency from 30c to 200c. Therefore, the individual crystallite sizes were determined by dark-field TEM (...). Thus, in the case of dark-field TEM also, there was no major potency-dependent difference in size distribution of crystallites.“
17. Originalzitat: „The experiments of Upadhyay and Nayak exhibited high nanoparticle contents, rich in Silicon and with crystalline nature, but the size distribution of the nanoparticles and their clusters were found to be nearly the same at different potencies.“
18. Originalzitat: „However, the size distribution, obtained from DLS study when the experimental sample was in the liquid state, is not exactly the same as measured by HRTEM image study where aggregation takes place during drying the sample under vacuum.“
19. Unter Allostase versteht man verschiedene Anpassungsmechanismen des Organismus an Belastungen, die den Körper aus seinem normalen Gleichgewicht (Homöostase) bringen. <http://www.medizin-im-text.de/blog/2014/27038/allostatische-last/> (aufgerufen am 9. Mai 2017)
20. Originalzitat: „Higher potencies (more dilution and succussion steps) have longer lasting effects on living systems...“

21. Originalzitat: „Succession, like modern microfluidization techniques, introduces cycles of fluid acceleration and turbulence with repeated changes in the direction of flow, producing the potential for particle collision and shear forces to break off smaller and smaller particles. These procedures, while different from each other and from sonication as a technique for agitating solutions and producing nanoparticles, share the ability to create nanobubbles and shear forces. Nanoparticle research suggests that there are nonlinear relationships between the number of microfluidization cycles or sonication time and variations in the sizes, morphologies, and physico-chemical properties of the “same” bulk-form material substance.“
22. Originalzitat: „In small quantities, NPs stimulate adaptive changes across the organism without exerting damage, i. e., hormesis“.
23. Biokinetik = Die Fähigkeit von Partikeln, sich im Körper und seinen Organen zu verteilen
24. Originalzitat: „These uncertainties arise because of gaps in knowledge about the factors that are essential for predicting health risks such as the nature of the dose-response curve at low level exposures below the toxic threshold. In fact, most of the in vitro and in vivo studies that investigated and identified several toxicological effects of CNTs, metal nanoparticles or other nanomaterials used high doses of these chemicals, at exposure levels in excess of those encountered in the different environmental matrices or workplaces (...)  
Furthermore, the toxicity of nanoparticles is not only related to their chemical composition but there are several other parameters that must be taken into account. In fact, current evidence suggests that the biological impact and the biokinetics of nanoparticles are dependent on their small size (surface area and size distribution), chemical composition (purity, crystallinity, electronic properties, etc.), surface structure (surface reactivity, surface groups, inorganic or organic coatings, etc.), solubility, shape, and aggregation (Nel et al. 2006). Hence, a correct evaluation of the induction of a hormetic response by nanoparticles is not possible without a preliminary, accurate and precise characterization of these materials.“
25. Originalzitat: „This whole paper sounds very impressive, but when you analyze individual passages you quickly realize that it means nothing. It’s a whole lot of blatant speculation. Now, blatant speculation in science is not necessarily a bad thing, but only when it is at least somewhat plausible and, more importantly, when its limitations are clearly acknowledged. None of this applies here.“

Abgerufen von „<https://www.xn--homopedia-27a.eu/index.php?title=Artikel:Nanopartikel&oldid=617>“