



## **Homöopathische Grundlagenforschung: Tropfenverdunstungsmethode und medizinische Kristallisationsverfahren**

**Während des Phasenübergangs (wenn Materie ihren Zustand ändert, z. B. von flüssig zu fest) kann es, unter bestimmten Bedingungen, zur Entstehung von geordneten und komplexen Strukturen kommen. Dieses äußerst sensitive Phänomen liegt vielen analytischen Methoden zugrunde, die unter anderem im medizinischen Bereich Anwendung finden, z. B. in der homöopathischen Grundlagenforschung und als diagnostische Verfahren.**

**Eines dieser Verfahren ist die Tropfenverdunstungsmethode, die bislang in der homöopathischen Grundlagenforschung sowohl im Bereich der Tief- wie auch Hochpotenzen erfolgreich eingesetzt wurde. Die Ergebnisse dieser Studien wurden in einer Reihe von wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht.**

**In der medizinischen Forschung wurde die Tropfenverdunstungsmethode, wie auch andere auf Formenbildung basierende Verfahren, auf verschiedene Körperflüssigkeiten angewandt und zeigte in mehreren Studien, dass sie Potential haben könnte für diagnostische Zwecke.**

### **1. Autoorganisation in Bildern**

Das Phänomen der Autoorganisation der Materie in geordnete Strukturen weckt mittlerweile großes Interesse in der wissenschaftlichen Welt [1]. Meistens wird die Autoorganisation im Hinblick auf ihren möglichen Einsatz für Konstruktionszwecke studiert, wie z. B. für die Konstruktion von Nano-Strukturen. Die Autoorganisation bietet jedoch auch analytische Anwendungsmöglichkeiten an. Das Wort Analyse kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie „Auflösung“, es wird aber heute allgemein im Sinne von „Untersuchung“ verwendet. Herkömmliche analytische Methoden basieren tatsächlich auf der Auflösung der Probe in ihre einzelnen Bestandteile mit dem Ziel, diese zu quantifizieren. Einen entgegengesetzten Pol zu den analytischen Verfahren durch „Auflösung“ stellt eine Gruppe von Untersuchungsmethoden dar, die auf Autoorganisation basieren, also auf der „Synthese“ von Strukturen aus der Probe heraus. Es ist offensichtlich, dass für diese Art der Analyse die Quantität der einzelnen Bestandteile einer Probe nicht im Vordergrund steht.

Die auf Autoorganisation basierenden analytischen Methoden können unter dem Sammelbegriff „bildschaffende Methoden“ zusammenfasst werden; ihr Resultat stellen nämlich bildhafte Gefüge dar. Diese entstehen in verschiedenen Methoden auf verschiedene Weise, z. B. auf Filterpapier in chromatographischen Methoden, oder in Form von polykristallinen Strukturen auf einer Glasoberfläche in Methoden, die auf Kristallisation basieren. Gemeinsam haben aber all diese Verfahren, dass die resultierenden Strukturen ein Ergebnis der Autoorganisation darstellen. Diese Strukturen oder bildhaften Gefüge werden auch kurz „Bilder“ genannt.

Einen wesentlichen Teil der Analyse mit bildschaffenden Methoden stellt die Bilderauswertung dar. Die Bilder werden visuell nach ihrem Gesamteindruck (Geste) oder mittels eines Computerprogrammes nach ihren Eigenschaften (z. B. Helligkeit, Textureigenschaften, Komplexität der Formen, Symmetrien, Farbe) ausgewertet.

Die Autoorganisation ist unter bestimmten Bedingungen ein Vorgang, der sensitiv auf probenimmanente Qualitäten wie Vitalität und Gesundheit reagieren kann. Ein wichtiges Einsatzfeld der bildschaffenden Verfahren stellt daher die Medizin dar, wo Körperflüssigkeiten für diagnostische Zwecke auf ihre Fähigkeit zur Formbildung untersucht werden. Ebenfalls finden diese sensitiven Verfahren Einsatz in der homöopathischen Grundlagenforschung, um die Wirkung potenziierter Stoffe mittels der Formenbildung zu untersuchen.

## 2. Bildschaffende Verfahren in der medizinischen Diagnostik

Die meisten der bildschaffenden Verfahren, die in der Medizin Anwendung finden, basieren auf verdunstungsinduzierter Strukturbildung. Die Probe, meistens eine Körperflüssigkeit, wird (verdünnt oder unverdünnt, mit oder ohne Zusatz von Reagenzien, in Form von Tropfen, Ausstrichen oder Filmen) getrocknet und die so entstandenen Strukturen werden anschließend ausgewertet und dienen diagnostischen Zwecken. Abhängig von der Zusammensetzung der zu untersuchenden Körperflüssigkeit können Prozesse wie Kristallisation, Aggregation und Film- und Rissbildung am Entstehen der Strukturen beteiligt sein.

Methoden, die auf der Verdunstung von Körperflüssigkeit für diagnostische Zwecke basieren, haben eine lange Geschichte, die wahrscheinlich schon in der Alchemie ihren Anfang hat. Erste publizierte Studien [2] entstanden viel später, vor ca. 200 Jahren, und betrafen die Kristallisation von Speichel und Urin und dem Einfluss des Hormonpegels auf diese Vorgänge. Aus diesen ersten Versuchen haben sich die sogenannten Ferning Tests (von engl. *fern* = Farn; da die entstehenden kristallinen Formen den Farnblättern ähneln) entwickelt, die heutzutage in der Medizin anerkannte diagnostische Verfahren darstellen und vor allem angewendet werden auf Tränen (zur Untersuchung ihrer Qualität), Speichel oder Cervix-Flüssigkeit (zur Bestimmung der fruchtbaren Tage) und Schweiß (zur Diagnose von Mukoviszidose). Das Gemeinsame aller Ferning Tests ist, dass sie unverdünnte Proben analysieren: So ist die Kristallisation substanzbezogen und dient zur Untersuchung der Qualität der Flüssigkeit (wie z. B. bei Tränen) oder zur Bestimmung der Präsenz einer gewissen Substanz in der Flüssigkeit (wie z. B. bei Speichel oder Schweiß). In dieser Hinsicht ähneln die Ferning Tests etwas den herkömmlichen analytischen Verfahren zur Quantifizierung von Substanzen.

Einen ganz anderen Methodenansatz stellt die vor ca. 100 Jahren im anthroposophischen Umfeld entstandene Kupferchloridbiokristallisation nach Pfeiffer dar. Bei dieser Methode wird die Körperflüssigkeit (meistens Blut) stark verdünnt (ca.  $10^{-3}$ ) und mit Zusatz einer 20%igen wässrigen Kupferchloridlösung in 4-6 ml Menge auf einem Schälchen (10 cm Durchmesser) auskristallisiert. Das so entstandene Kristallisationsbild stellt eine Art von ätherischer "Körperlandkarte" dar, auf der krankheitsspezifische Kristallzeichen, in bestimmten Bildzonen lokalisiert, eine komplette Diagnose erlauben sollen. Die meisten älteren und aktuellen Studien zu dieser Methode fokussieren auf eine mögliche Krebsdiagnose.

Außer den Ferning Tests und der Kupferchloridbiokristallisation gibt es noch zahlreiche andere Methoden, die zum größten Teil auf Tropfenverdunstung basieren und so als Tropfenverdunstungsmethoden hier zusammengefasst werden. Diese Methoden werden vorwiegend auf Blut, Serum, Plasma und Speichel angewendet und zur Diagnose verschiedener Krankheiten eingesetzt.

Tropfenverdunstungsmethoden und Kupferchloridbiokristallisation (Abb. 1) finden außer im Bereich der medizinischen Diagnostik, zusammen mit weiteren bildgebenden Verfahren, Anwendung auch in der homöopathischen Grundlagenforschung.

## 3. Bildschaffende Verfahren in der homöopathischen Grundlagenforschung

In der homöopathischen Grundlagenforschung finden verschiedene Methoden Einsatz, die auf der Autoorganisation von Strukturen basieren [3]. Die Idee, dass der Prozess der Autoorganisation auf potenzierte Stoffe reagieren und somit eine geeignete Untersuchungsmethode für solche darstellen könnte, kam aus der Anthroposophie. Die ersten Studien, durchgeführt von E. Pfeiffer, betrafen die Kupferchloridbiokristallisation angewandt auf Blut und verschiedene Pflanzensäfte, wo die Kristallisationsbilder von Proben, die mit verschiedenen Potenzen behandelten wurden, miteinander verglichen wurden. Gegenwärtig wird mit der Kupferchloridbiokristallisation in einem optimierten experimentellen Setup weitergeforscht.

Die Tropfenverdunstungsmethode fand hingegen erst später ihre Anwendung in der homöopathischen Grundlagenforschung. Angewandt wird sie auf physische (niedrige Potenzen *per se*) wie auch auf biologische Modelle (Weizensamen). Ihre Vielseitigkeit wie auch die einfache und schnelle experimentelle Anordnung ermöglichten es, in einer relativ kurzen Zeit ihr Potenzial in diesem Forschungsgebiet zu verdeutlichen.

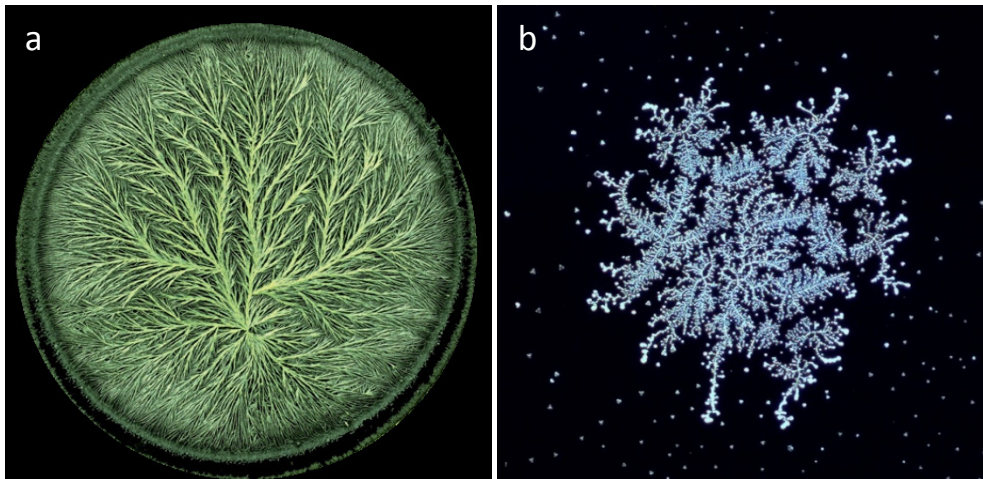


Abbildung 1: Beispielbilder der bildschaffenden Methoden. Iscador Pini, untersucht mittels (a) Kupferchloridbiokristallisation (Foto: J. Fritz) und (b) Tropfenverdunstungsmethode (Bild in 100-facher Vergrößerung, Foto: M.O. Kokornaczyk).

Ausser der Kupferchloridbiokristallisation und der Tropfenverdunstungsmethode wurden in der homöopathischen Grundlagenforschung auch weitere Verfahren angewandt: darunter die Eisblumenmethode, die Eiskristallisation, Kristallisation zu anomalem Zustand von Eis, Tropfensequenz-Verdunstung und Kristallisation in Lösung. Diese Methoden wurden aber nur in einzelnen Studien beschrieben. Somit sind die zwei am häufigsten angewandten und am besten erforschten bildschaffenden Verfahren, die in der homöopathischen Grundlagenforschung Einsatz finden, die Kupferchloridbiokristallisation und die Tropfenverdunstungsmethode.

Bemerkenswert ist, dass alle bildschaffenden Verfahren, die in der homöopathischen Grundlagenforschung eingesetzt wurden, mit stark verdünnten Proben arbeiteten (mindestens eine Verdünnung von  $10^{-2}$ ). Somit scheint die Lösung nicht mehr substanzbezogen zu sein und gleichzeitig *empfindlicher* für die Wirkung der homöopathischen Potenzierung.

#### 4. Tropfenverdunstungsmethode als Beispiel eines bildschaffenden Verfahrens angewandt in homöopathischer Grundlagenforschung

Die Tropfenverdunstungsmethode basiert, wie ihr Name sagt, auf Formenbildung in einem Tropfen während seiner Verdunstung. Die Autoorganisation geschieht hier also während eines Phasenübergangs von flüssig zu fest. Einige Tropfen der zu analysierenden Probe werden auf Objektträger aufgetragen und unter kontrollierten Bedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte) getrocknet. Die Tropfenrückstände werden anschließend unter einem Mikroskop angeschaut und fotografiert. Die Fotos werden mittels des Computerprogrammes *ImageJ* nach ihrer Graustufenverteilung, Textur und Fraktalität ausgewertet. Die Schnelligkeit der Tropfenverdunstungsmethode und die computerisierte Bildauswertung ermöglichen es, mit sehr hohen Zahlen von Bildern zu arbeiten (Tropfenrepliken, Repetitionen innerhalb eines Tages und Tages-Repetitionen). Bislang wurde dieses experimentelle Protokoll auf ein physisches Modell angewandt, in dem Tropfen von homöopathischen Potenzen in Potenzstufen D1 – D6 verdunstet und studiert wurden [4] und auf ein biologisches Modell, in dem Weizensamen in eine hoch potenzierte Substanz oder Kontrolle (Wasser, potenziertes Wasser oder potenzierte Lactose) eingelegt wurden und dann Tropfen all dieser Flüssigkeiten evaporiert wurden [5].

So konnte z. B. gezeigt werden, dass Samen von antiken und modernen Weizensorten, mit der Tropfenverdunstungsmethode analysiert, kristalline Formen von unterschiedlicher Komplexität bilden. Der Komplexitätsgrad dieser Formen (gerechnet als Fraktal-Dimension – *local connected fractal dimension*) korrelierte mit der Samenkeimungsrate. Je besser die Samen einer bestimmten Sorte keimten, desto höher war auch die Komplexität der aus ihnen geformten kristallinen Formen [6]. Die Komplexität der Formen aus verdunstenden Tropfen erwies sich auch als eine sensitive Eigenschaft bezüglich der Wirkung von homöopathischen Potenzen.

In einem weiteren Versuch wurden mit ponderablem Arsen geschädigte Weizensamen in einem isopathischen Modell mittels *Arsenicum album* D45 behandelt. Die Kristallisationsfähigkeit der Samen nahm nach dem Einwirken von ponderablem Arsen deutlich ab und verbesserte sich wieder nach der Behandlung mit potenziertem Arsen, lag jedoch immer noch tiefer als die der gesunden Samen. Auch hier waren die Kristallisationsdaten mit der Keimungskraft der Samen übereinstimmend [5]. Änderungen in DEM Kristallisationsformen aus Weizensamen bewirkte auch die Behandlung mit *Zincum metallicum* 30C [7].

## 5. Meilensteine

Alle bildschaffenden Methoden liefern Resultate in Form von Bildern. Im Vergleich mit einer Zahl stellt ein Bild ein multidimensionales Resultat dar, da es sehr viele Informationen gleichzeitig und auf sehr vielen Ebenen beinhalten kann. Dies ist auf jeden Fall ein großer Vorteil der bildschaffenden Methoden, stellt aber gleichzeitig eine Herausforderung für die sachgemässe Auswertung der erhaltenen Bilder dar. Ein ideales Auswertungsverfahren sollte in erster Linie möglichst viele Informationen aus den Bildern aufnehmen können. In dieser Hinsicht wäre das menschliche Auge als das beste Instrument zu nennen, denn es sieht außer den einzelnen Bildelementen auch komplexe Zusammenhänge und kann das Bild so in seiner Ganzheit beurteilen. Die zweite wichtige Anforderung an ein ideales Auswertungsverfahren ist seine Objektivität. In dieser Hinsicht wäre eine computerisierte Auswertung am geeignetsten, denn im Gegensatz zum menschlichen Auge lässt sich diese von persönlichen Präferenzen nicht beeinflussen und ermüdet auch nicht, wodurch sie eine schnelle Auswertung von grossen Bildmengen ermöglicht. Heutzutage wird in den meisten Studien, die die bildschaffenden Methoden im Bereich der medizinischen Diagnostik anwenden, die visuelle Bildauswertung bevorzugt und in Studien zur homöopathischen Grundlagenforschung die computerisierte. In vereinzelt Fällen werden diese beiden Verfahren auch gleichzeitig, einander unterstützend, angewandt. Die Entwicklung und Verbesserung der Auswertungsverfahren der Bilder kann als ein wichtiger Meilenstein in der Weiterentwicklung der bildschaffenden Methoden angesehen werden.

Der zweite Meilenstein ist mit der Empfindlichkeit des Vorganges der Autoorganisation verbunden. Mit derselben Sensitivität, mit der die bildschaffenden Methoden auf potenzierte Substanzen reagieren, können sie auch Empfindlichkeit gegenüber externen Faktoren zeigen. Von grosser Wichtigkeit ist daher die Stabilität der äusseren Bedingungen während des Verdunstens einer Flüssigkeit, also der Temperatur und Feuchte (von oben) und des Substrates (von unten). Diese Faktoren beeinflussen offensichtlich unmittelbar die Verdunstung und somit auch den Autoorganisationsprozess und die Bildeigenschaften und müssen daher kontrolliert und konstant gehalten werden. Ebenfalls sind andere, weniger offensichtliche Faktoren zu bedenken, wie z. B. die Beleuchtung und das Einwirken elektromagnetischer Felder, aber auch die ganz fernen Einflussfaktoren, wie z. B. die Mondphasen und die Tierkreiszeichen. Das Konstanthalten der „offensichtlichen“ und das Erforschen der „weniger offensichtlichen“ Einflussfaktoren stellt somit einen nächsten Meilenstein für die Weiterentwicklung der bildschaffenden Methoden dar, der zum besseren Verständnis und auch zur Wiederholbarkeit und Robustheit der Methoden beitragen würde.

## Referenzen

1. V. Dugas, J. Broutin, and E. Souteyrand, "Droplet evaporation study applied to DNA chip manufacturing," *Langmuir*, vol. 21, no. 20, pp. 9130–9136, 2005.
2. Papanico G. N.: *N. York State J. Med.*, 1945, 45, 1336.
3. Kokornaczyk MO, Scherr C, Baumgartner S. Phase-transition induced pattern formation applied to basic research in homeopathy: a systematic review. *Homeopathy*. 2018 Aug;107(3):181-188.
4. Kokornaczyk MO, Würtenberger S, Baumgartner S. Phenomenological characterization of low-potency homeopathic preparations by means of pattern formation in evaporating droplets. *Homeopathy* 2019; 108(02): 108-120.

5. Kokornaczyk MO, Trebbi G, Dinelli G, Marotti I, Bregola V, Nani D, et al. Droplet evaporation method as a new potential approach for highlighting the effectiveness of ultra high dilutions. *Complement Ther Med*. 2014;22(2):333-40.
6. Kokornaczyk MO, Dinelli G, Marotti I, Benedettelli S, Nani D, Betti L. Self-organized crystallization patterns from evaporating droplets of common wheat grain leakages as a potential tool for quality analysis. *ScientificWorldJournal*. 2011;11:1712-25.
7. Kokornaczyk MO, Baumgartner S, Betti L. Polycrystalline structures formed in evaporating droplets as a parameter to test the action of Zincum metallicum 30c in a wheat seed model. [Homeopathy](#). 2016 May;105(2):173-9.

## Zur Person



### **Dr. rer. nat. Maria Olga Kokornaczyk**

geb. 1976 in Warschau (Polen)

Maria Olga Kokornaczyk studierte Ernährungswissenschaften an der Landwirtschaftlichen Universität in Warschau.

Inspiriert von der anthroposophischen Sicht auf Lebensmittelqualität und von den bildschaffenden Methoden, die sie während ihrer Studienaufenthalte in Fulda und Witzenhausen (Deutschland) kennenlernen konnte, promovierte sie zum Thema der Kupferchloridkristallisation nach Pfeiffer in Pisa (Italien).

Nach der Doktorarbeit entwickelte sie an der Universität Bologna (Italien) die Tropfenverdunstungsmethode. Seit zwei Jahren arbeitet sie im Verein für Krebsforschung Arlesheim (Schweiz), wo sie die Tropfenverdunstungsmethode (Weizenmodell) weiter entwickelt, für die Grundlagenforschung in der Prozessentwicklung in Pharmakologie und Homöopathie.

#### *Kontakt*

Mail: [m.kokornaczyk@vfk.ch](mailto:m.kokornaczyk@vfk.ch)

#### *Website*

[www.vfk.ch](http://www.vfk.ch)