



Emergenz des Ästhetischen

Das Wahre, Gute und Schöne

Die Traditionelle Metaphysik unterstellt einen wohlgeordneten Kosmos, in dem ewige Gesetze walten, die ein weiser und guter Gott erlassen hat. In seinem Zentrum befindet sich die Erde, darüber ziehen die Planeten ihre Bahnen, die eine perfekte Kreisform beschreiben, die Planeten selbst sind perfekte Kugeln. Abgeschlossen wird dieser Kosmos durch die Fixsternsphäre und die göttliche Sphäre. Die Abstände zwischen den Planeten entsprechen musikalischen Intervallen, ja die Sphären selbst produzieren eine harmonische Sphärenmusik.

Kein Wunder also, dass in einer solchen Welt das Wahre, Schöne und Gute direkt zusammenfallen; Kunst und Wissenschaft bilden noch eine Einheit, wie sie Leonardo oder Goethe auch als Person noch symbolisieren. Erkennbar ist diese Einheit an dem Kanon der sieben freien Künste, zu dem ganz selbstverständlich auch die Wissenschaften gehören: Grammatik und Dialektik zum Trivium; Arithmetik, Geometrie und Astronomie zum Quadrivium.

Der Umbruch

Längst haben wir uns von diesem Bild gelöst. Wie schwer dieser Prozess manchmal fiel, kann man bei einem der Heroen der modernen Wissenschaftsgeschichte beobachten, nämlich bei Galilei.

Galilei hatte sich 1609 bekanntlich ein Fernrohr gebaut, mit dem er den Mond beobachtete. Dabei stellte er u. a. fest, dass der Mond nicht die perfekte Kugelform besaß, die man bislang unterstellt hatte, vielmehr war seine Oberfläche von Kratern übersät. All das ist genauestens erkennbar auf den Beobachtungsskizzen, die Galilei von eigener Hand angefertigt hatte. Diese Skizzen werden zur Grundlage von Stichen, die Galilei zusammen mit dem Bericht von diesen Beobachtungen publiziert. Lediglich eine Abweichung fällt auf: In der Mitte des Mondes zeigen die Stiche einen kreisrunden Krater, den man weder auf dem Mond selbst noch auf Galileis ursprünglichen Skizzen findet. Galilei weist den Leser sogar eigens auf diesen Krater hin. Doch was steckt dahinter? Offenbar spielte die Perfektion der Kreisform für Galilei immer noch eine so entscheidende Rolle, dass er sich zu einem vollständigen Verzicht noch nicht durchringen konnte. Hierfür spricht auch, dass Galilei Zeit seines Lebens an der Kreisform der Planetenbahnen festhält, obwohl ihm Keplers Theorie der ellipsoiden Form dieser Bahnen längst bekannt war.

Kunst und Chaos

Die Entwicklung hat bei Galilei bekanntlich nicht halt gemacht und sie hat nicht nur den Kosmos kräftig verändert, sondern auch das Verhältnis von Kunst und Wissenschaft. Zwar hat sich die Philosophie, vor allem die Kunstphilosophie, lange Zeit nach Kräften bemüht, an der Verbindung des Schönen mit dem Wahren und dem Guten festzuhalten und der Kunst die ewigen Gesetze des Schönen vorzuschreiben. Doch die Künstler zeigten wenig Neigung, diese Gesetze zu respektieren. Zum Bedauern ist hier dennoch kein Anlass: Nur diesem niemals erlahmenden Drang, etwas Neues, noch nie Dagewesenes zu produzieren, verdanken wir die grandiosen Entwicklungen, die die Künste in den letzten Jahrhunderten durchlaufen haben.

Doch auch die Natur erwies sich als weitaus komplexer, als dies ursprünglich angenommen worden war. Immer wieder mussten tradierte Ordnungsvorstellungen aufgehoben und durch neue, in der Regel komplexere Strukturen ersetzt werden. Der Übergang von der Newtonschen zur Einsteinschen Physik ist hier nur ein Beispiel; die Entwicklung der Chaostheorie ein weiteres.

Emergenz

Es ist kein Wunder, dass im Rahmen dieser Entwicklung ein Begriff an Bedeutung gewinnt, den wohl noch Kant empört zurückgewiesen hätte: Der der Emergenz. Emergenz leitet sich ab aus dem lateinischen *emergere*: auftauchen, emporkommen, zum Vorschein kommen. Auch im Englischen handelt es sich um einen alltagssprachlichen Ausdruck mit einer ganz ähnlichen Bedeutung. Die terminologische Verwendung geht zurück auf Arbeiten von Samuel Alexander, C. Lloyd Morgan und C. D. Broad, die zu Beginn des letzten Jahrhunderts erschienen.

Im strengen, wissenschaftstheoretischen Sinne bezeichnet man als emergent solche Eigenschaften komplexer Systeme, die sich prinzipiell nicht auf die Eigenschaften der Teile dieses System zurückführen oder reduzieren lassen. Die meisten Verfechter der Emergenztheorie waren ursprünglich der Ansicht, dass sich die Eigenschaften chemischer Substanzen nicht auf die Eigenschaften der sie bildenden Moleküle zurückführen ließen. Als emergent wurden außerdem die Bewusstseins-eigenschaften betrachtet. Diese Auffassung spielt bis heute eine wichtige Rolle. Viele Philosophen gehen bis heute davon aus, dass zentrale Bewusstseins-eigenschaften prinzipiell nicht durch die Hirnforschung zu erklären sind.

Emergenz wird allerdings häufig auch in einem etwas weiteren Sinne verwendet. Gemeint ist dann die Entwicklung von etwas Neuem, 2

Überraschendem, das aber in letzter Konsequenz durchaus erklärbar sein mag. In den Ingenieurwissenschaften liefern komplexe nicht-lineare Systeme das wohl wichtigste Beispiel: Zwar wird deren Verhalten durch ihre Elemente determiniert, auf der anderen Seite können jedoch minimale Abweichungen der Ausgangsbedingungen große Abweichungen des Systemverhaltens hervorrufen. Das Phänomen tritt auf bei chemischen Synthesereaktionen in verfahrenstechnischen Anlagen, im Alltag ist es uns aus dem Wetter wohlbekannt. Als emergent in diesem schwachen Sinne kann man aber neben nichtlinearen Systemen auch viele überraschende Eigenschaften von Organismen oder chemischen Substanzen bezeichnen und letztlich auch viele Entwicklungen in den Künsten, insbesondere der immer wieder erhobene Anspruch der klassischen Avantgarde, etwas Neues, nie Dagewesenes zu produzieren. Paradigmatisch ist hier Rimbauds „Il faut être absolument moderne“.

Kunst und Wissenschaft

Diese kurzen Überlegungen zeigen bereits, dass Emergenz ganz offensichtlich eine Kategorie ist, die Künste und Wissenschaften miteinander verbindet: In beiden Bereichen spielt der Begriff der Emergenz heute eine wichtige Rolle. Das sollte allerdings nicht den Blick dafür verstellen, dass das *Verhältnis* zur Emergenz sehr unterschiedlich ist. Während Wissenschaftler in erster Linie bemüht sind, das Rätsel der Emergenz durch die Rückführung auf elementare Eigenschaften aufzulösen, geht es in den Künsten eher darum, Freiheitsspielräume zu wahren, indem man sich *nicht* auf allgemeingültige Gesetze und Prinzipien festlegen lässt.

Doch ist all dies Grund genug dafür, Emergenz zum Thema einer Ausstellung in einer wissenschaftlichen Institution zu machen? Zwar dürfte es nach dem Gesagten keiner besonderen Begründung mehr bedürfen, warum sich Wissenschaftler und Ingenieure für das Problem der Emergenz interessieren – insbesondere dann, wenn sie sich mit der Dynamik komplexer technischer Systeme befassen. Eher kann man diese Fragen an einen Künstler richten: Die Kunst selbst und die Kunstgeschichte mögen emergente Phänomene sein. Doch dies alleine wäre wohl kaum Grund genug, eine ganze Ausstellung unter dieses Thema zu stellen.

Schaut man sich allerdings die künstlerische Biographie von Sabine Kunz an, dann wird diese Entscheidung allerdings wesentlich besser verständlich. Tatsächlich haben auch in ihren früheren Arbeiten

3 Motive der Entstehung, des Lebens und der Fruchtbarkeit immer

schon eine zentrale Rolle gespielt, so etwa in einer Installation in Salzwedel im Jahre 1999 oder aber im vergangenen Jahr unter dem Titel WEIBLICHKEIT – SINNLICHKEIT – FRUCHTBARKEIT nicht weit von hier in der Festung Mark.

Emergent sind die Arbeiten von Sabine Kunz schon insofern, als die Farbholzschnitte selbst hervorgehen oder besser vielleicht: hervorgeholt werden, aus dem Rohmaterial. Unvorhersehbar sind dabei sowohl die Oberflächengestaltung des Holzes wie auch die Wirkung der Farbe auf den Drucken.

Das Projekt

Der eigentliche Bezug zum Thema kam jedoch durch einen direkten Kontakt mit dem hiesigen Max-Planck-Institut zustande. Aus dem Besuch verschiedener Abteilungen des Instituts entstanden zunächst eine Reihe von Zeichnungen zu ganz unterschiedlichen Themen wie der Kristallisation und Trennung von Molekülen, dem dynamischen Verhalten einer Brennstoffzelle, oszillierenden Reaktionen oder aber dem Wachstum von Mikroben.

Diese Zeichnungen, von denen hier eine kleine Auswahl gezeigt wird, bildeten dann die Grundlage für die weitere Arbeit. Dabei hat sich Sabine Kunz nicht mit der bloßen Illustration wissenschaftlicher Phänomene begnügt. Vielmehr hat sie sich, ausgehend von diesen Zeichnungen, um einen ganz eigenständigen, eben einen künstlerischen Zugang zum Thema Emergenz bemüht. Das macht die Verbindung weniger offensichtlich und gespannter, aber es macht sie auch spannender. Doch die Verbindung ist sichtbar, ohne sich aufzudrängen; der Betrachter selbst ist gefordert, die Verbindung zu entdecken. Besonders schön verfolgen lässt sich dieser Prozess, wenn man die Zeichnung „Spiegelung Molekül“ mit dem „AtomMund“ vergleicht. Weitere Motive sind Flügel, Auge, Blatt, Kosmos, Atom, Wolke.

Emergent sind nicht schon die Motive selbst, sondern vielmehr Sabine Kunz' Interpretation dieser Motive. So z.B. die Flügel, die gleichzeitig die Form eines Lorenz-Attraktors aufgreifen, die Kombination von Blatt und Wolke, die ganz offensichtlich auf chaotische Prozesse bei der Entstehung des Wetters anspielen, das Auge, das gleichzeitig Fruchtbarkeitsmotive aufgreift und schließlich der Kosmos, also ebenfalls ein altes Symbol des Entstehens und Vergehens. Auch hier geht es wieder nicht nur einfach darum, ein Thema mit ein paar oberflächlichen Symbolen zu illustrieren, vielmehr wirken die Arbeiten ganz aus sich heraus, ohne dass sie den Bezug zum Thema vernachlässigen würden.

Alle Motive werden durch einen gemeinsamen Aufbau verbunden, der dem Prinzip des Goldenen Schnitts folgt. Wie ein Leitmotiv wiederholt sich zudem das Motiv der Ellipse. Sie selbst ist zwar kein emergentes Phänomen, aber doch – wie oben bereits am Beispiel Galileis gezeigt – ein Motiv, das stellvertretend steht für den Übergang zwischen der traditionellen Metaphysik und unserem heutigen Weltbild, in dem nicht nur Ellipsen, sondern eben auch Emergenz und Chaos ihren Ort haben.

Aus der elliptischen Form ergibt sich dann bei den Drucken an der Sandtorstraße dann noch einmal das Wellenmotiv, das immer wieder in den Skizzen auftaucht, die Sabine Kunz nach den Besuchen bei den Arbeitsgruppen im Max-Planck-Institut angefertigt hat.

Ein weiterer Aspekt des Emergenzprozesses, aus dem schließlich diese gesamte Ausstellung entstanden ist, lässt sich an den Drucken an der Gartenseite erkennen: Etwas Neues entsteht hier durch die Kombination der bereits bekannten Elemente z.B. zu einem BlattAuge, einem KopfMund, einem WeltallOhr, einem FlammenFlügelKopf etc.

Gleichzeitig, und dies ist mein letzter Punkt nimmt sich Sabine Kunz aber auch mehrfach ausdrücklich des Verhältnisses von Wissenschaft und Kunst an, das unausgesprochen die gesamte Ausstellung durchzieht. Am deutlichsten ist dies an den beiden einander gegenüberstehenden Köpfen zu sehen: Dem wissenschaftlichen AtomKopf links und dem ästhetischen KopfOhr rechts in der Mitte der Drucke an der Sandtorstraße.

Fazit

Man könnte den Faden noch weiterspinnen: Letztlich ist der Prozess, der zu diesen Bildern geführt hat, selbst ebenso ein emergentes Phänomen wie die Tatsache, dass aus der Arbeit eines wissenschaftlichen Instituts plötzlich eine Kunstausstellung entsteht.

Emergenz und Ästhetik, Kunst und Chaos: Eine gespannte Verbindung wie gesagt, aber das ist wohl auch nicht anders zu erwarten, seitdem wir das geschlossene Universum der vorkopernikanischen Zeit verlassen haben und das Wahre, Gute und Schöne allenfalls noch auf klassischen Opernhäusern zusammenfinden. Es wäre jedoch verfehlt, den Verlust des geschlossenen Weltbildes und seiner einfachen Wahrheiten zu beklagen, vielmehr sollten wir ihn als eine Chance begreifen, die uns wesentlich mehr Freiheit und Entfaltungsspielräume lässt. Die Arbeiten von Sabine Kunz zeigen, wie man diese Spielräume nutzen kann und wie Kunst und Wissenschaft dann doch wieder zusammenkommen: Dazu bedarf es nicht der Wiederherstellung der

alten Metaphysik, man braucht nur ein wenig Mut und Einfallsreichtum – beides haben die Initiatoren dieses außergewöhnlichen Projektes zur Genüge bewiesen.

Michael Pauen, Oktober 2006

Eröffnungsrede zum Kunstprojekt „Emergenz“ am 17. Oktober 2006 von Prof. Dr. Michael Pauen, Professor am Institut für Philosophie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Die am Kunstprojekt „Emergenz“ beteiligten Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg

Dr.-Ing. Martin Peter Elsner

Von molekularen Bildern und deren Spiegelbildern und wie man diese voneinander trennen kann

Prof. Dr. rer. nat. Dietrich Flockerzi

Bursting Phenomena in pH-Oscillators

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Gundermann

Dynamisches Verhalten der Direktmethanol-Brennstoffzelle

Dr.-Ing. habil. Michael Mangold

Technische Nutzung zirkulierender Reaktionszonen

Dipl.-Ing. Dipl.-Biol. Julia K. Schmidt

Wachstum und Wettstreit innerhalb einer mikrobiellen Gemeinschaft

Dipl.-Chem. Axel Seebach

Von molekularen Schablonen und wie man Abdrücke von ihnen erstellen kann

Dr. rer. nat. Klaus Peter Zeyer

Oszillierende Reaktionen und Chaos

Dipl.-Ing. Anke Zimmermann

Aufreinigung von Influenzaviren

Zudem waren an dem Projekt beteiligt:

Dipl.-Ing. Andreas Bock

Dipl.-Ing. Carsten Conradi

Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl

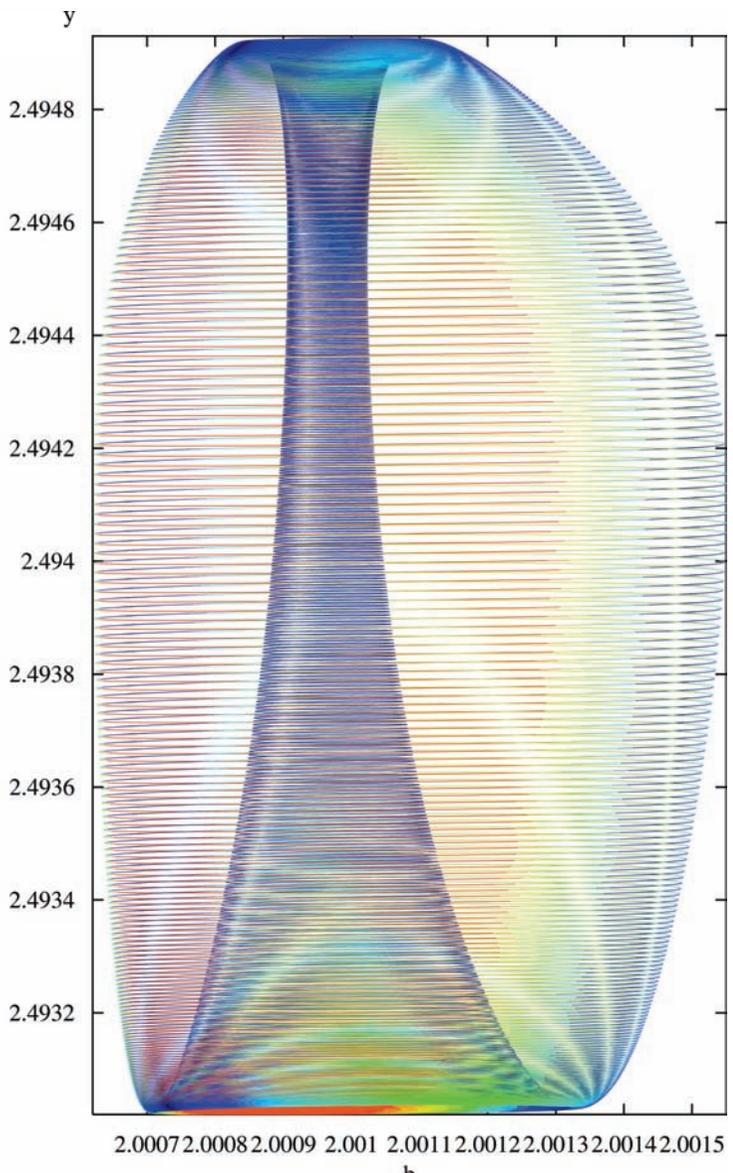
Dipl.-Ing. Stefan Schwarzkopf

Prof. Dr.-Ing. Kai Sundmacher

Helga Tietgens

Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl, Geschäftsführender Direktor des Max-Planck-Institutes, Helga Tietgens, Dipl.-Ing. Anke Zimmermann, Dipl.-Ing. Dipl.-Biol. Julia K. Schmidt in der Diskussion (von rechts)





Prof. Dr. rer. nat. Dietrich Flockerzi

Instabilität lässt Neues auftauchen.

In Kunst und Wissenschaft.

Ob man Unerwartetes in der Dynamik,
weg vom Equilibrium, wie den Torus im Bild,
als emergent bezeichnet,
hängt ab vom Standpunkt am Ufer des Flusses.

OSZILLATIONEN IN ISOTHERMEN SYSTEMEN

Briggs - Rauscher-Reaktion (1973) [1]

Versuch 1: Demonstrationsversuch zur Briggs-Rauscher-Reaktion

- Lösung I: 0.201 M KIO_3
- Lösung II: 3.6 M H_2O_2 ; 0.159 M HClO_4
- Lösung III: 0.15 M $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$; 0.0201 M $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0.03 % Stärke

Jeweils 100 ml ansetzen. Bei Lösung III erst Stärke in 80 ml destilliertem Wasser vorlegen und aufkochen. Dann die übrigen Substanzen zugeben und auf 100 ml mit destilliertem Wasser auffüllen. Lösungen I, II und III in ein Becherglas mit Rührer geben.

Periodische Farbumschläge:

- gold-gelb (elementares Iod)
- blau (Iod-Stärke Komplex)
- farblos (übrige Iod-Spezies)

[1] T.S. Briggs und W.C. Rauscher, J. Chem. Educ. (1973), Bd. 50, Seite 496.

Dr. rer. nat. Klaus Peter Zeyer im Gespräch mit Sabine Kunz über oszillierende Reaktionen und Chaos



Dipl.-Ing. Dipl.-Biol. Julia K. Schmidt

Mit- oder gegeneinander? – Wachstum und Wettstreit innerhalb einer mikrobiellen Gemeinschaft

Forschungsobjekt des Themas „Dynamik mikrobieller Gemeinschaften“ ist die quantitative Beschreibung des gemeinsamen Wachstums dreier verschiedener Bakterienarten. Die Auswahl der Arten *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia* und *Staphylococcus aureus* ist motiviert durch ihre medizinische Relevanz für Patienten, die an der Erbkrankheit Cystische Fibrose (Mukoviszidose) leiden. Diese Krankheit bewirkt im Gegensatz zu gesunden Menschen eine verminderte Eigendesinfektion der Lunge, in deren Oberflächensekret sich stattdessen unter anderem die genannten Organismen ansiedeln. Die Therapie dieser Mischinfektion ist schwierig, u.a. auch weil solche Mischkulturen oder Gemeinschaften oft in unerwarteter Dynamik auf eine Antibiotikagabe reagieren.

Klassischerweise werden Bakterienarten hinsichtlich ihrer Wachstumsdynamik, Stoffwechseleigenschaften oder anderer Besonderheiten in Form von Reinkulturen charakterisiert. Um das Verhalten einer Mischkultur erklären oder sogar vorhersagen zu können, reicht das Wissen um die individuellen Eigenschaften der Einzelspezies jedoch häufig nicht aus. Während des gemeinsamen Wachstums sind viele Interaktionen möglich, die sowohl positiv als auch negativ sein können und durch die die Gemeinschaft mehr wird als die bloße Summe ihrer Mitglieder. Dazu gehören z.B. der Wettstreit um ein gemeinsames Substrat, den das wettbewerbstauglichere Bakterium gewinnt, oder die Verwertung einer Stoffwechseleausscheidung einer Spezies als Substrat durch eine andere, was als positiver Effekt zu bewerten wäre. Ob und welche Interaktion zwischen den Bakterienstämmen auftreten und ob dafür zusätzlich Umweltfaktoren eine Rolle spielen, wie pH-Wert, Sauerstoffverfügbarkeit, Art des angebotenen Substrats, dies ist eine Fragestellung unseres Projekts. Zu ihrer Beantwortung können die Mischinfektionen in Patienten selbstverständlich nicht als Versuchssysteme dienen. Wir haben daher als Zwischensystem, zwischen Reinkultur im Labor und Mischkultur unter natürlichen Bedingungen, eine reproduzierbar zu erzeugende Mischkultur in definiert kontrollierbarer Umgebung etabliert.

Unsere experimentellen Untersuchungen werden hauptsächlich in einem kontinuierlich betriebenen Bioreaktor mit vollständiger Kontrollmöglichkeit der Prozessparameter durchgeführt. Durch Formulierung unserer Hypothesen zu Eigenschaften der Gemeinschaft und



Dipl.-Ing. Dipl.-Biol. Julia K. Schmidt im Labor mit Sabine Kunz

möglichen Interaktionsmechanismen in Form mathematischer Modelle können Theorie und reales Ergebnis verglichen und die Idee damit bestätigt oder widerlegt werden.

Bereits jetzt lässt sich für unser Modellsystem anhand verschiedenster Ergebnisse und Messwerte zeigen, dass die Bakterienarten als Mischkultur ein anderes Verhalten aufzeigen als in Reinform. Durch welche Interaktionen dies evtl. begründet ist, und ob uns deren Kenntnis weiteren Aufschluss in Bezug auf die medizinisch realen Mischkulturen gibt, müssen unsere zukünftigen Forschungen zeigen.

Dipl.-Ing. Anke Zimmermann

Aufreinigung von Influenzaviren

Der in tierischen Zellen vermehrte Influenzavirus wird über Filtrations- und Chromatographieschritte aus der Zellkulturbrühe isoliert. Diesen Prozess gilt es hinsichtlich der Reinheit und dem Erhalt der Immunogenität des Impfstoffs sowie der Produktausbeute zu optimieren. Maßgeblich für die Charakterisierung der einzelnen Schritte ist die Quantifizierung des Produkts und der Hauptverunreinigungen.



Dipl.-Chem. Axel Seebach im Labor mit Sabine Kunz

Dipl.-Chem. Axel Seebach

Von molekularen Schablonen und wie man Abdrücke von ihnen erstellen kann

Seit Menschengedenken versuchen wir, die Natur zu imitieren, wobei die einfachste Methode ist, Abdrücke von ihr zu erstellen. Ein Original bildet die Schablone, und mit einer geeigneten Masse erhält man nach dem Aushärten einen Negativabdruck.

Um dies auf molekularer Ebene zu erreichen, geht man in drei Schritten vor. Zunächst mischt man das abzubildende Zielmolekül (die Schablone) mit so genannten funktionellen Monomeren, die sich um dieses herum anordnen. Entscheidend sind dabei strukturelle Elemente im Zielmolekül (z.B. positive Partiaalladungen), die mit komplementären Elementen (z.B. negative Partiaalladungen) in den funktionellen Monomeren wechselwirken.

Im nächsten Schritt wird diese dreidimensionale Anordnung durch die Zugabe eines quervernetzenden Monomers und nachfolgende Polymerisation (Aushärtung) fixiert. Dabei verbinden sich alle Monomere zu einer vernetzten Polymermatrix.

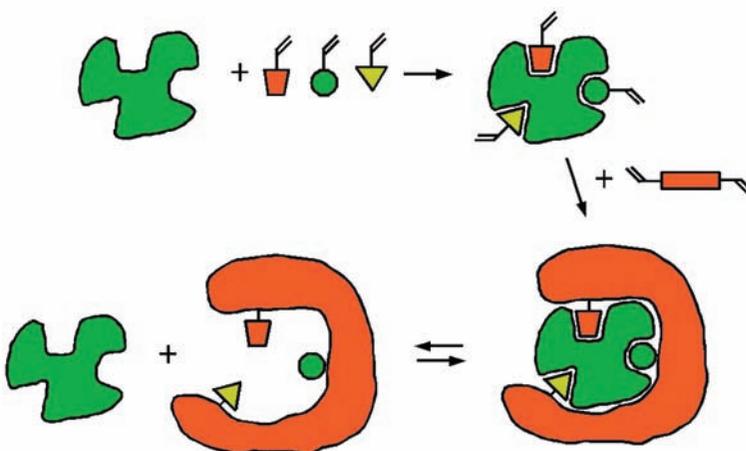
Aus dieser wird im letzten Schritt das Zielmolekül herausgelöst. Das geprägte Polymer enthält schließlich Abdrücke, deren dreidimensionale Form geometrisch komplementär zum Zielmolekül ist. Die Abdrücke besitzen als zusätzliche Elemente definiert angeordnete Bindungsstellen.

Dr.-Ing. habil. Michael Mangold

Technische Nutzung zirkulierender Reaktionszonen

Katalytische Festbettreaktoren sind mit Katalysator gefüllte Rohre, die zur Abgasreinigung verwendet werden können.

Bekanntestes Beispiel ist der Drei-Wege-Katalysator im Auto. Die Schadstoffe im Abgas verbrennen im katalytischen Reaktor und setzen dabei Wärme frei. Es zeigt sich, dass die freiwerdende Wärme unter bestimmten Bedingungen, z.B. bei plötzlicher Abkühlung des zuströmenden Abgases, zu hohen Temperaturspitzen führen kann, die langsam in Richtung des Reaktors wandern. In der Regel sind diese Temperaturspitzen unerwünscht, weil sie den Katalysator beschädigen können. Eine Ausnahme ist aber der Zirkulationsreaktor, in dem solche Temperaturspitzen bewußt angeregt werden, um mit geringem Energieaufwand eine saubere Verbrennung bei hohen Temperaturen zu erreichen.



Schematische Darstellung des molekularen Prägens 8

Dr.-Ing. Martin Peter Elsner**Von molekularen Bildern und deren Spiegelbildern und wie man diese voneinander trennen kann**

Wer jemals versucht hat, einen linken Handschuh auf die rechte Hand zu stülpen oder umgekehrt, der weiß: Es ist vergebens. Unsere Hände sind nicht identisch, sondern verhalten sich wie ein Bild und sein Spiegelbild. Dieses Phänomen, was gemeinhin als Chiralität („Händigkeit“) bezeichnet wird, begegnet uns in der Natur, in der Technik und selbst auf molekularer Ebene bei einer Vielzahl chemischer Verbindungen, den sog. Enantiomeren. Wer kennt nicht die *rechtsdrehende Milchsäure* im Joghurt, die ebenfalls ein Enantiomer in reiner Form darstellt.

Enantiomere chiraler Pharmazeutika zeigen in der Regel unterschiedliche chemische und biologische Wirksamkeit. Üblicherweise weist nur ein Enantiomer die gewünschte Eigenschaft auf, während das Gegenenantiomer entweder inaktiv ist oder sogar negative Auswirkungen haben kann. Aufgrund dieses unterschiedlichen Verhaltens besteht folglich oft nur Interesse an einem Enantiomer.

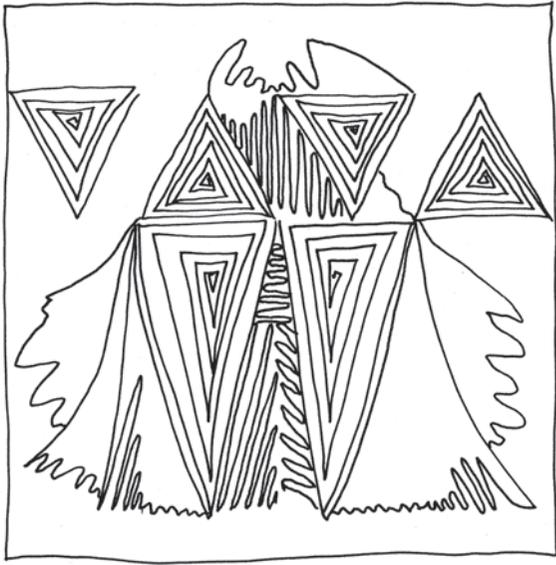
Der Trenneffekt bei der „Bevorzugten Kristallisation“ basiert auf der unterschiedlichen Kristallisationsgeschwindigkeit der Enantiomere in einer moderat übersättigten Lösung in Gegenwart von zuvor zugegebenen (homochiralen) Impfkristallen des als Kristalliat gewünschten Enantiomers und somit auf den unterschiedlichen anfänglich zur Verfügung stehenden Oberflächen eines jeden Enantiomers sowie den hieraus resultierenden, unterschiedlichen Triebkräften.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Gundermann**Dynamisches Verhalten der Direktmethanol-Brennstoffzelle**

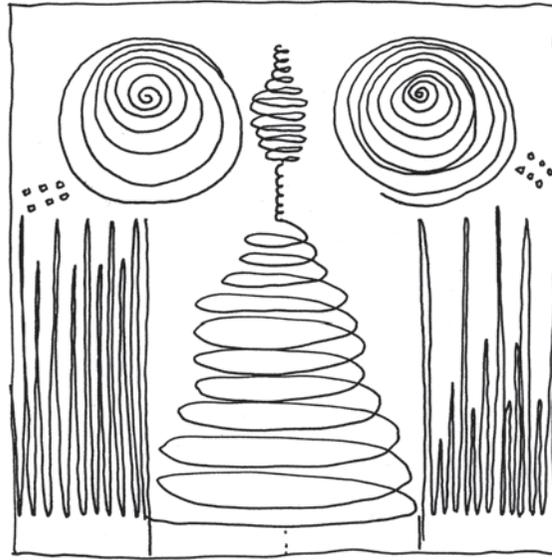
Die Direktmethanol-Brennstoffzelle wird mit dem flüssigen Brennstoff Methanol betrieben und erzeugt daraus elektrische Energie. Die Höhe der Zellspannung hängt wesentlich von der Versorgung mit Methanol ab. Wird kein Brennstoff zugeführt, so beträgt die Spannung null Volt und es wird kein Strom erzeugt. Entsprechend wird erwartet, dass bei einer Abschaltung der Methanolzufuhr im laufenden Betrieb die Spannung unverzüglich zusammenbricht. Zufällig durchgeführte Messungen haben jedoch gezeigt, dass die Spannung in einem solchen Fall entgegen den Erwartungen zunächst ansteigt und erst nach einer Weile absinkt. Durch systematische Untersuchungen konnte anschließend eine Erklärung für dieses Phänomen gefunden werden. Dabei wurde auch festgestellt, dass bei einem Betrieb der Brennstoffzelle mit gepulster Methanolzufuhr eine dauerhaft höhere Zellspannung erreicht werden kann.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Gundermann im Gespräch mit Sabine Kunz zum Thema Dynamisches Verhalten der Direktmethanol-Brennstoffzelle

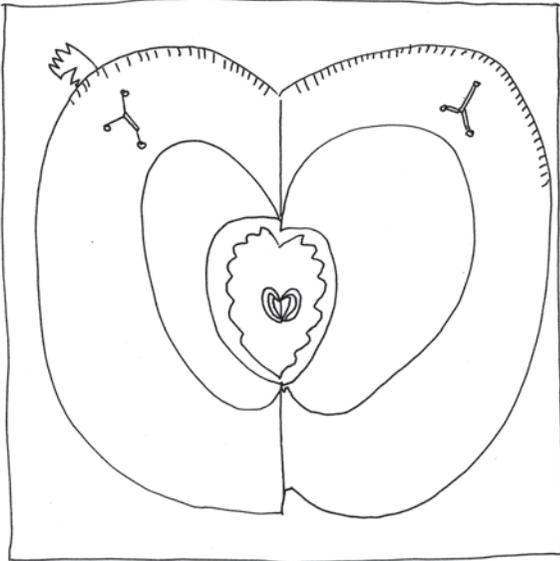




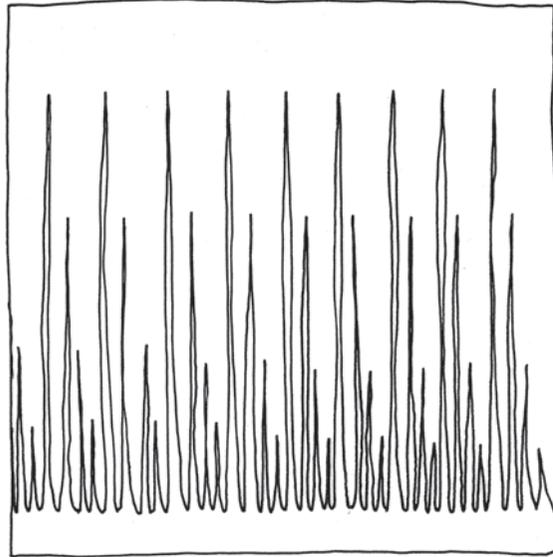
Kristallisation



Pyrig-Rouche Reaktion
Chemische Wellen



Gründung
molekular



Unregelmäßiges
Chaos π