

Empedocles von Agrigent (495-435): „Verwandte mischen sich wie Wasser und Wein, Feinde meiden sich wie Wasser und Öl.“

Chemie der sozialen Bindungen

von Jürgen Mimkes

Einführung

Die Idee zu dem vorliegenden Thema „Chemie der sozialen Bindungen“ geht auf die griechische Philosophie zurück. Nach Empedokles von Agrigent (495 – 435 v. Chr.) *mischen sich Verwandte wie Wasser und Wein. Feinde trennen sich wie Wasser und Öl.* Die Idee von der Gleichartigkeit der Beziehungen in Chemie und Gesellschaft hat auch Goethe begeistert, er hat sie 1809 als „chemisches Programm“ in seinem Roman „Die Wahlverwandtschaften“ verarbeitet. Erste neuere Arbeiten gehen auf Th. C. Schelling (1971), W. Weidlich (1971) und den Verfasser (1995) zurück. Im Jahr 2001 wurden die inzwischen zahlreichen Untersuchungen als neues interdisziplinäres Forschungsgebiet „Physik Sozio-Ökonomischer Systeme“ von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft anerkannt. Speziell in der „Econophysik“ geht es um Gemeinsamkeiten in den Schwankungen bei physikalischen Messungen und Wechselkursen. In der „Soziodynamik“ werden aktuelle soziale, ökonomische und politische Probleme mit naturwissenschaftlichen Modellen der Physikalischen Chemie untersucht, Fragen wie z. B. „*Die Segregation von Kupfer und Zink im Messing bzw. „Die Segregation von Bosniern und Serben im Bosnien Krieg, 1992“.*

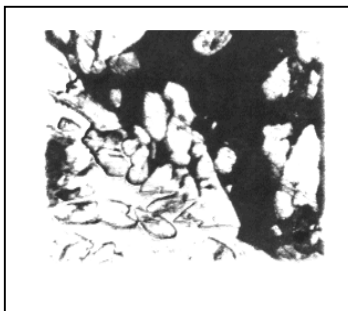


Abb.1. Oberfläche von Messing Kupfer und Zink

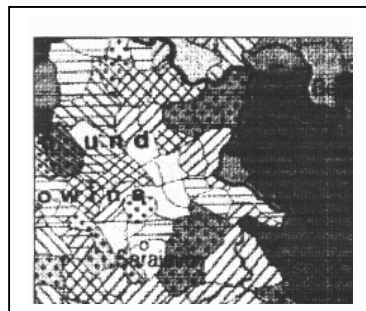


Abb.2. Bosnien Herzegowina: Serben und Bosnier (1990)

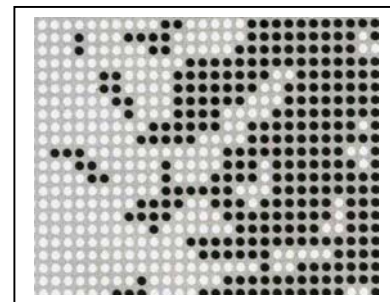


Abb.3. Simulation der Segregation: schwarze und weiße Kugeln

Abb.1 zeigt die Oberfläche einer Messingprobe, einer Legierung aus Kupfer (helle Flächen) und Zink (dunkle Flächen). Die beiden Metalle sind nicht vollständig getrennt, die dunklen Bereiche aus Zink enthalten auch etwas Kupfer, die hellen Kupfer Gebiete enthalten auch etwas Zink. Abb.2 zeigt einen Kartenausschnitt von Bosnien Herzegowina vor dem Krieg 1990. Das Land besteht aus Bosniern (helle Flächen) und Serben (dunkle Flächen). Die beiden Volksgruppen waren vor dem Krieg nicht vollständig getrennt, in den (dunklen) serbischen Bereiche wohnten auch Bosnier, in den (hellen) bosnischen Gebieten wohnten auch Serben. Durch den Krieg haben sich 1992 die verschiedenen Volksgruppen vollständig getrennt. Abb.3 zeigt eine Simulation der Segregation mit weißen und schwarzen Kugeln nach den Gleichungen der Thermodynamik. Die Simulation kann recht gut die Struktur der Messingoberfläche wie auch die Karte von Bosnien wiedergeben.

Es ergibt sich natürlich die Frage, was die thermodynamischen Modelle für Messing (Abb. 1) mit dem Verhalten ethnischer Gruppen in Bosnien (Abb. 2) zu tun haben. Die Antwort ergibt sich aus der Statistik. Gesellschaften lassen sich als Systeme aus vielen Menschen auffassen, die bestimmten Bedingungen, z. B. Emotionen unterliegen. Legierungen sind Systeme aus vielen Atomen oder Molekülen, die gewissen Bedingungen wie Energien unterliegen. Diese Systeme lassen sich durch das Lagrange Prinzip, durch die Wahrscheinlichkeit mit Nebenbedingungen beschreiben und

simulieren (Abb. 3). In Berechnungen der Wahrscheinlichkeit kommt es immer nur auf die Anzahl, nicht aber auf die Art der Objekte an. Wenn also im folgenden die Heiraten zwischen Katholiken und Nicht Katholiken mit der Mischung von Gold und Platin verglichen werden, hat dies nichts mit einer Nichtachtung religiöser Gefühle zu tun, sondern beruht nur auf dem gleichartigen statistischen Verhalten großer Systeme. Das Lagrange Prinzip der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird in der Physikalischen Chemie als Thermodynamik bezeichnet. Diese Theorie ist die Grundlage aller Natur- und Ingenieurwissenschaften und sie kann auf Grund ihres statistischen Charakters auch in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften eingesetzt werden. Die Temperatur läßt sich dabei in allen Bereichen gleichermaßen als ein Ordnungsparameter ansehen, der zwischen geordneten und ungeordneten Zuständen, z. B. zwischen fester und flüssiger Phase oder zwischen geordnetem kollektivem und chaotischem individuellen Verhalten entscheidet.

Das Modell der sozialen Bindungen

Heterogene Gesellschaften setzen sich aus unterschiedlichen Gruppen zusammen. Diese Gruppen mögen sich und ziehen sich an, sie mögen sich nicht und stoßen sich ab oder sie sind sich gleichgültig. Sie verhalten sich genau wie verschiedene Arten von Atomen in der Chemie, die sich durch das Modell der regulären Mischung beschreiben lassen. Aus diesem Modell ergibt sich für zwei verschiedene Gruppen A und B ein Parameter ε , der die (Gesellschafts)struktur bestimmt:

$$\varepsilon = (E_{AB} + E_{BA}) - (E_{AA} + E_{BB}) \quad (1)$$

E_{AA} und E_{BB} sind die emotionalen Bindungen innerhalb der Gruppen, und E_{AB} und E_{BA} die emotionalen Beziehungen zwischen den Gruppen A und B. Die Werte von E_{AA} , E_{BB} , E_{AB} und E_{BA} können positiv, negativ oder gleich Null sein. Sie entsprechen in der Physikalischen Chemie den anziehenden oder abstoßenden elektromagnetischen Kräften, und in menschlichen Gruppen den anziehenden oder abstoßenden emotionalen Kräften wie Sympathie, Antipathie und Apathie. Aus dem Parameter ε ergeben sich vier Möglichkeiten, sie entsprechen in der Physikalische Chemie der Kristallbindung im Natrium Chlorid (NaCl), der (fast) idealen Mischung von Kupfer und Nickel (CuNi), dem physikalischen Gemenge von roten und blauen Murmeln und der Segregation des fast unlöslichen Eisen Blei Gemisches (FePb):

1) $\varepsilon > 0$. Sympathie, Liebe, Kooperation: Die Bindungen zwischen den unterschiedlichen Gruppen A und B ist größer als die Bindung innerhalb der Gruppen A und B,

$$(E_{AB} + E_{BA}) > (E_{AA} + E_{BB}) \quad (1 a)$$

Gleichung (1 a) beschreibt die Kooperation unterschiedlicher Gruppen A und B.

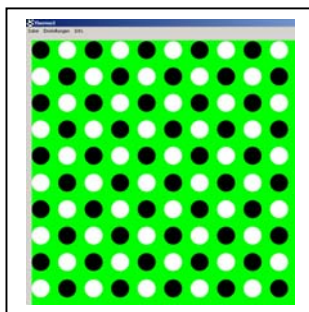


Abb. 4. Schachbrettmuster der NaCl Struktur, Na und Cl Atome wechseln sich regelmäßig ab.

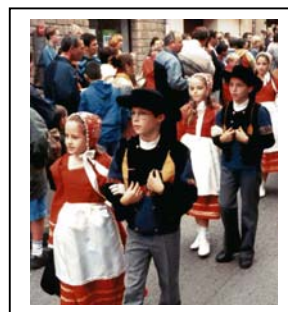


Abb.5. Sympathie, Volkstanzgruppe Mädchen und Jungen wechseln sich ab

Kooperation beobachtet man bei Atomen wie Natrium und Chlor, welche die Verbindung Kochsalz, NaCl, eingehen. Natrium wird von Chlor stärker angezogen als von Natrium, entsprechendes gilt für Chlor. Natrium und Chlor bilden im festen Zustand einen Kristall, dessen Oberfläche einem Schachbrett ähnelt. Natrium und Chlor wechseln sich regelmäßig ab (Abb. 4). In Gesellschaften gilt

Gleichung (1 a) z. B. für Männer und Frauen und führt hier auf Paarbindung in der Ehe oder auch in einer Volkstanzgruppe (Abb. 5). Hier wechseln sich männliche und weibliche Tanzpartner regelmäßig ab. Die Gleichung gilt auch für die ökonomische Kooperation von Handelspartnern. Das Gesetz der chemischen Bindung (Massenwirkungsgesetz) beschreibt die Wahrscheinlichkeit für das Entstehen der chemischen Verbindung. Das Gesetz läßt sich in sozialen Systemen als Heiratschance interpretieren und in ökonomischen Systemen als das Gesetz von Angebot und Nachfrage. Auf diese Probleme soll aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

2) $\varepsilon = 0$. Gleichberechtigung: Die Bindungen zwischen den unterschiedlichen Gruppen A und B ist genau so groß wie die Bindung innerhalb der Gruppen A und B,

$$(E_{AB} + E_{BA}) = (E_{AA} + E_{BB}) > 0 \quad (1 b)$$

Gleichung (1 b) beschreibt die ideale Integration unterschiedlicher Gruppen A und B durch Gleichwertigkeit.

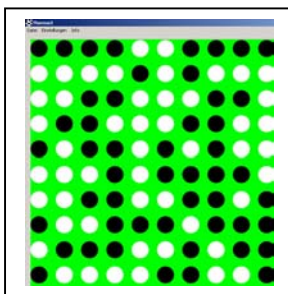


Abb. 6. Muster einer idealen Lösung (CuNi), Cu und Ni Atome sind bunt gemischt.



Abb.7. Gleichberechtigung, Integration in- und ausländ. Kinder in einer Schule (USA)

Das Gesetz (1 b) ist nur im Idealfall erfüllbar, denn es ist sehr unwahrscheinlich, dass die Differenz von vier positiven Größen genau Null ergibt. In Legierungen gilt Gleichung (1 b) nahezu für die Atome Kupfer und Nickel, sie bilden eine annähernd ideale Mischung (Abb. 6). In der christlichen Gemeinde gilt das Gebot: *Liebe Deinen Nächsten wie Dich selbst*, $E_{AB} = E_{AA}$. Auch hier ist das Gesetz fast unerfüllbar und stellt ein christliches Ideal dar. Ähnliches gilt für den Wahlspruch der Französischen Revolution: *Liberté, Égalité, Fraternité*. *Égalité* bedeutet die Gleichberechtigung der Stände, $E_{AB} = E_{AA}$ und *Fraternité* eine positive Emotion, $E_{AB} = E_{AA} > 0$. Hier steht also der Wahlspruch der französischen Revolution für das Ideal der Demokratie. Integration ist in vielen Gesellschaften, z. B. in Schulen ein großes Problem (Abb. 7). Im Gegensatz zur ideale Integration der Gleichung (1 b) steht die reale Integration nach Gleichung (1 d).

3) $\varepsilon = 0$. Gleichgültigkeit: Die Bindungen zwischen allen Gruppen ist gleich Null,

$$(E_{AB} + E_{BA}) = (E_{AA} + E_{BB}) = 0 \quad (1 c)$$

Gleichung (1 c) beschreibt die ideale Integration unterschiedlicher Gruppen A und B durch Gleichgültigkeit. Das Gesetz gilt in einem physikalischen Gemenge ohne Wechselwirkungen, bei einem Beutel mit roten und blauen Murmeln. Gesellschaften ohne Wechselwirkungen beobachtet man in Kaufhäusern oder am Strand. Jeder ist mit sich beschäftigt und achtet kaum auf andere.

4) $\varepsilon < 0$. Selbsterhaltung, Eigennutz: Die Bindungen zwischen den unterschiedlichen Gruppen A und B ist geringer als die Bindung innerhalb der Gruppen A und B,

$$(E_{AB} + E_{BA}) < (E_{AA} + E_{BB}) \quad (1 d)$$

Gleichung (1 d) beschreibt die Segregation unterschiedlicher Gruppen A und B nach dem Sprichwort „gleich und gleich gesellt sich gern“. Dieser Zustand wird in Legierungen wie Messing (Abb. 1) beobachtet und in extremer Weise bei Eisen (Fe) und Blei (Pb), Abb. 8.

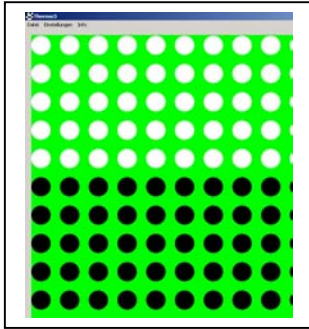


Abb. 8. Muster vollständiger Segregation, FeO und Pb● Atome sind streng getrennt.



Abb.9. Geordnete Segregation. Im Chor singen die Stimmen streng getrennt.

In Gesellschaften findet man dies Verhalten bei Chören aus mehreren Stimmen, Abb. 9, oder bei ethnischen oder religiösen Minderheiten wie in Bosnen vor dem Krieg (Abb. 2). Trotz positiver Gefühle zur anderen Gruppe überwiegt die Bindung an die eigene Gruppe.

Segregation und reale Integration

In chemischen Lösungen entspricht die Segregation zweier Gruppen der begrenzten Löslichkeit zweier Stoffe. Die Löslichkeit läßt sich durch eine höhere Temperatur (T) verbessern. Zucker löst sich in heißem Tee besser als in kaltem. In der Statistik großer Gesellschaften entspricht der Ordnungsparameter (T) der Toleranz der Unordnung. In Abb. 9 läßt sich die vollständige Trennung der Chorstimmen als Ordnung auffassen, eine Unordnung durch Mischen der Stimmen wird vom Chorleiter meist nicht toleriert, wenn die Einzelstimmen noch nicht sicher genug sind. Eine entsprechende Ordnung sehen viele Menschen im Europa der verschiedenen Nationen. Deutsche sprechen deutsch und wohnen in Deutschland, Franzosen sprechen Französisch und leben in Frankreich, gleich und gleich gesellt sich gern! Die vollständige Trennung der Völker, die besonders durch die Weltkriege noch verstärkt wurde, soll nun durch eine Einbindung in die EU aufgehoben werden. Dies kann nur durch allmähliche „Diffusion“ geschehen. Im Jahr 1995 betrug die Diffusionsradius aus Heirats-, Sterbe- und Umzugsdaten in Deutschland etwa $r = (130 \text{ km})^2$ in 75 Jahren Daher leben bisher nur relativ wenig Deutsche in Frankreich bzw. wenig Franzosen in Deutschland. Das Gleiche gilt für die anderen Nationen in der EU.

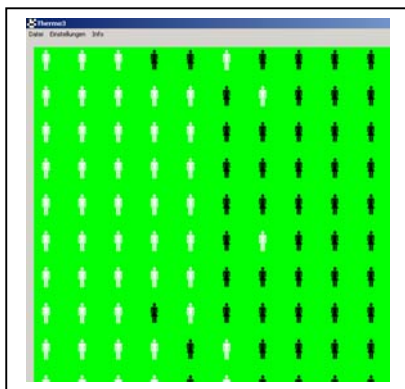


Abb.10. Simulation der Segregation in der EU.



Abb.11. Europa als segregiertes System

Abb. 10 zeigt eine Simulation der Integration zweier Länder Europas nach den Gesetzen der Diffusion und Löslichkeit der Physikalischen Chemie. Ein gewisser Anteil der Menschen eines Landes sind bereits in das andere Land eingewandert. Aber die Grenzen zwischen den Ländern Europas sind noch deutlich zu erkennen, Abb. 11. Die Grenze der Löslichkeit bzw. der Integration

soll jetzt an zwei anderen Systemen, an der Mischung von Gold und Platin im Weißgold und an gemischten Ehen von Katholiken und Nicht Katholiken untersucht werden.

Integration, Toleranz bei Katholiken und Protestanten

Mit Hilfe der Wahrscheinlichkeit bzw. der Gleichungen der Thermodynamik lassen sich atomare Beziehungen in Legierungen oder menschliche Beziehungen in Gesellschaften nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ beschreiben:

Die Mischung von Zucker und Tee: Schüttet man Zucker in Tee, so löst sich eine gewisse Menge Zucker bis zur maximal löslichen Menge. Schüttet man noch mehr Zucker in den Tee, erreicht man die Löslichkeitsgrenze und der überschüssige Zucker bleibt für sich (segregiert) und fällt zu Boden. Macht man den Tee heißer, kann man noch mehr Zucker lösen.

Die Löslichkeit von Platin in Gold: Abb.12 zeigt die Löslichkeit von Platin in einer Goldlegierung. Bei 1000 C löst sich bis zu 35 % Platin vollständig in Gold (α -Phase, helle Gebiete im unteren Bild). Bei 60 % Platin trennt sich die Legierung in die (helle) goldreiche α -Phase mit 35 % Platin und die platinreiche β -Phase mit 85 % Platin (dunkle Gebiete im unteren Bild).

Heiraten der katholischen und nicht katholischen Bevölkerung in Deutschland: Abb.13 zeigt den Anteil (P) katholisch nicht-katholischer Heiraten in den 16 deutschen Bundesländern im Jahr 1999. Die Heiratsrate (P) ist aufgetragen über dem Anteil x der katholischen Bevölkerung in den jeweiligen Ländern. Die Integration ist ideal, wenn die vermischten Heiraten nach der Statistik nach Mendel auf der durchgezogenen Kurve, $P = 2 \times (1 - x)$, liegen. In Ländern mit geringem Anteil an katholischer Bevölkerung folgt der Anteil P gemischter Heiraten in Abb.10 der durchgezogenen Kurve der idealen Integration (Löslichkeit). Die Grenze der Integration von Katholiken und Nicht-Katholiken liegt bei 20 % der einen (α) oder anderen Gruppe (β), die Heiratsrate bei $P = 34 \%$.

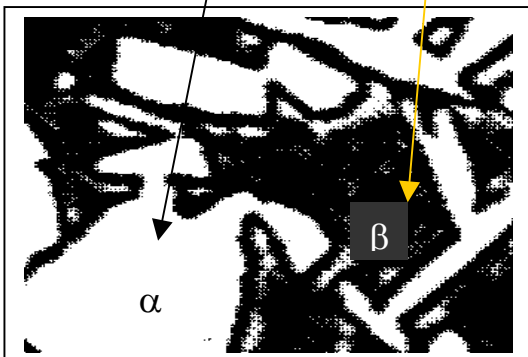
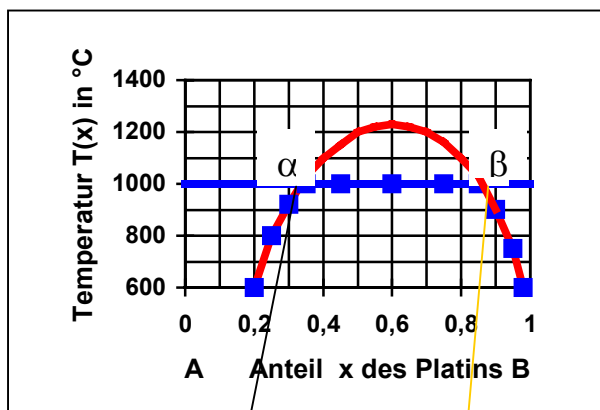


Abb.12. Löslichkeit von Platin in Gold. Bis zu 35 % Platin lösen sich bei 1000 C, bei mehr Platin segregiert die Legierung in goldreiche (helle) α und die platinreiche (dunkle) β Phase.

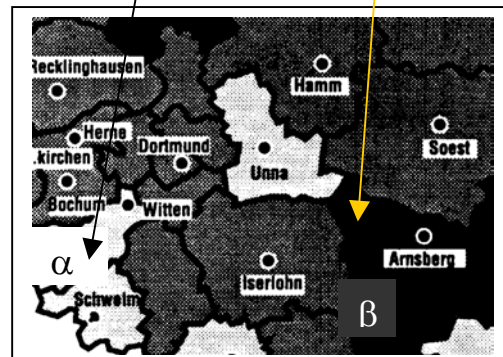
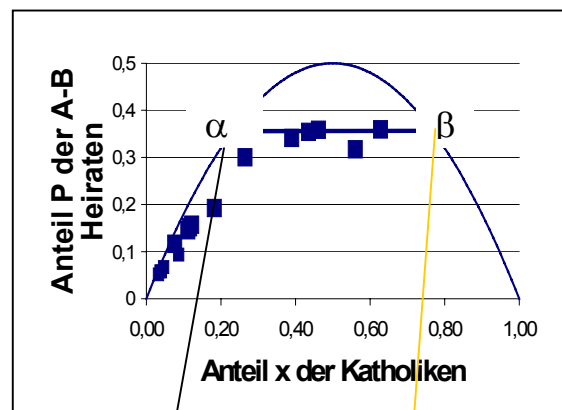


Abb.13. Katholisch-nicht kath. Heiraten über dem Anteil der Katholiken in den 16 Bundesländern Deutschlands 1999. Es ergeben sich helle α und (dunkle) β Phasen.

In Bundesländern mit höherem Anteil wie z. B. NRW mit $x = 40\%$ Katholiken ergeben es auch nur 34 % vermischte Heiraten, die übrigen heiraten unter sich und bilden Gebiete mit vorwiegend Katholiken (Münster, Arnsberg, Paderborn) oder Gebiete mit überwiegend Nicht Katholiken (Unna, Schwelm), Abb. 13 unten. Ähnliche Ergebnisse erhält man für die Heiraten zwischen In- und Ausländern in Deutschland, zwischen schwarz und weiß in USA, zwischen katholisch und protestantisch in Nordirland oder zwischen bosnisch und serbisch in Abb. 2.

Die Löslichkeit von Zucker in Tee erhöht sich mit der Temperatur (T). Für die Beantwortung der Frage, wie sich die Toleranz (T) einer Gesellschaft erhöhen läßt, hilft es, die Gesellschaft als ökonomisches System betrachten. In ökonomischen Systemen läßt sich der Lebensstandard, das Brutto Inlandprodukt BIP / Person als Ordnungsparameter (T) bestimmen. Diese Zuordnung entspricht der Deutung des Ordnungsparameters (T) in der Physik als mittlere kinetische Energie. Die Integration der Ausländer in Deutschland, Abb.14, zeigt tatsächlich den steigenden Verlauf der Heiratsrate von Deutschen und Ausländern zwischen 1950 und 1990 parallel zum Lebensstandard bzw. Brutto Inlandprodukt BIP / Person.

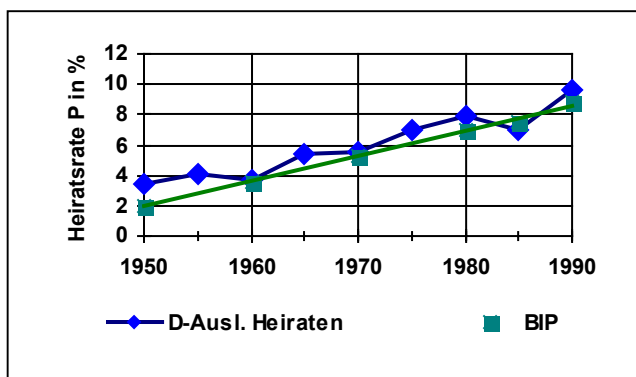


Abb.14. Zunahme der deutsch-ausländischen Heiraten zwischen 1950 und 1990 im Vergleich zum Brutto Inlandprodukt / Person.

Damit folgen atomare Wechselwirkungen und menschlichen Beziehungen den gleichen statistischen Gesetzen. Diese Äquivalenz zwischen Physikalischer Chemie und Sozio-Ökonomie läßt sich auf viele Themenbereiche ausweiten wie etwa:

Die Verteilung des Vermögens in Deutschland. (Die Boltzmann Verteilung).

Demokratie, Hierarchie und Lebensstandard (Aggregatzustand und Temperatur).

Die Bildung von Meinung und Machtstrukturen (Kristallzucht)

Märkte mit Angebot und Nachfrage: Heirat, Güter, Arbeit (Massenwirkungsgesetz).

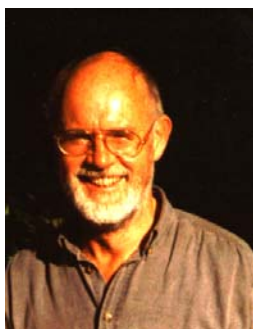
Der Kreislauf der Wirtschaft (Der Carnot Kreislauf des Motors)

Referenzen

Th. C. Schelling, Dynamic Models of Segregation, J. Mathem. Sociology 1, 143-186.(1971)

W. Weidlich, The statistical description of polarization phenomena in society, Br. J. Math. Stat. Psychol., 24, 251-266 (1971).

J. Mimkes, Binary Alloys as a Model for the Multicultural Society, J. Thermal Anal. 43, 521-537 (1995)



Prof. Dr. Jürgen Mimkes arbeitet seit 1977 im Department Physik an der Universität Paderborn auf den Gebieten Festkörperphysik und Thermodynamik. Seit 1992 beschäftigt er sich außerdem mit der Statistik sozialer und ökonomischer Systeme.