Leibniz online
3/2007

www.leibniz-sozietaet.de/journal
ISSN 1863-3285

Ernst-Christoph Haß und Peter Plath

Ein Modell der globalen Ausbreitung von Wissen

Die Dynamik des Problem-/Kenntnis-Verhaltens eines Wissenschaftlers bzw. einer Wissenschaftlergruppe wird durch ein modifiziertes Lotka-Modell mathematisch beschrieben, das sowohl periodische Lösungen als auch Dämpfung umfasst. Dabei wird die Dynamik als ein System iterativer, zeitdiskreter Funktionen $x_i(t)$ und $y_i(t)$ mit $t \in N$ beschrieben:

$x_i(t+1) = x_i(t) + p_i x_i(t) y_i(t) - l_i x_i(t)$ $y_i(t+1) = y_i(t) - p_i x_i(t+1) y_i(t) + c_i y_i(t) - d_i x_i(t+1); \quad y_i \geq 0$	(1)

p_i stellt dabei die Produktivität dar, l_i den Wissensverlust, c_i den Problemzuwachs und d_i die Problemdämpfung durch das Wissen der Gruppe i (vgl. hierzu das Abstract von P. J. Plath und E.-C. Haß [1]).

Erhöht man bei gleicher Anzahl n von Problem-Kenntnis-Zyklen die Dämpfungskonstante d_i, so ziehen sich die n Maxima auseinander, wobei das n-te Maximum am stärksten gegen $t \to \infty$ hin verschoben wird und seine Amplitude ins Unendliche anwächst (Abb. 1).

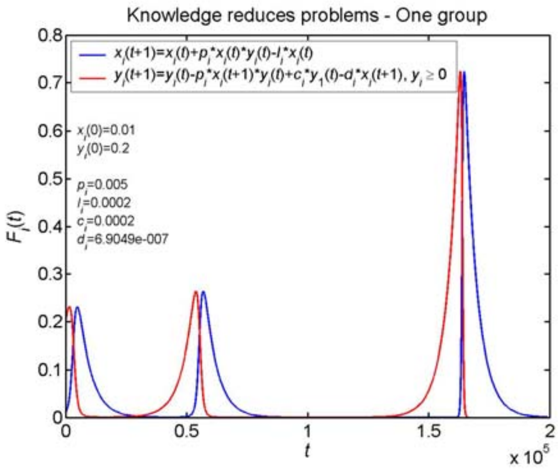

Abb. 1 Zeitreihen der Problem- (rot) und Kenntnis-Funktionen (blau) mit genügend kleiner Dämpfung durch die Kenntnisse. Es treten drei produktive Zyklen auf, wobei der letzte Zyklus nach einer langen Produktivitätspause hochproduktiv ist.
Bei recht schwacher Dämpfung können mehrere Produktionszyklen beobachtet werden, wobei die Zeitintervalle zwischen ihnen und ihre Amplituden mit der Zeit immer größer werden.

Für einen bestimmten Wert $d_i = d_{i,n}$ verschwindet das n-te Maximum, und es bleiben nur (n-1) Maxima im Endlichen zurück. Die Funktion $n(d_{i,n})$ ist eine einfache Hyperbel:

$$n = \frac{2 \cdot 10^5}{d_{i,n}} \quad (2)$$

Bislang taucht der Ortsraum nicht als Variable im Problem-Kenntnisprozess auf, doch die Erfahrung zeigt, dass die räumliche Entfernung zwischen Wissenschaftlern auch im Zeitalter der heutigen Telekommunikationsmittel eine entscheidende Rolle in der Kommunikation zwischen ihnen spielt.

Für die Ausbreitung des Wissens machen wir folgende Annahmen:

- Wissen breitet sich vor allem durch eine lokale Kopplung aus – dies geschieht durch die kreative Diskussion zwischen den Wissenschaftlern.
- Kopplungen über eine große Reichweite, d.h. z.B. über Medien wie beispielsweise Zeitschriften, Bücher, Internet oder Fernsehen, spielen nur eine untergeordnete Rolle.
- Eine Ausnahme bilden individuelle, lang reichweitige Kopplungen, die auf persönlichem Kontakt beruhen, wobei auch der Zufall eine Rolle spielt.

Die Annahme der lokalen Wissensausbreitung lässt sich vorteilhaft durch einen zellulären Automaten beschreiben. Dabei beschreiben die Zellen (i,j) Wissenschaftler bzw. Gruppen von Wissenschaftlern auf einem rechteckigen Gitter mit Moore-Nachbarschaft, wobei jede Zelle zum Zeitpunkt t durch einen Zustandsvektor $\begin{pmatrix} x_{i,j}(t) \\ y_{i,j}(t) \end{pmatrix}$ gekennzeichnet ist. Solche Vektorautomaten sind bereits erfolgreich für die Modellierung von Schneckenmustern und die Wellenausbreitung in der BZ-Reaktion verwendet worden [2,3].

Für die notwendigen Transformationsregeln ist die Annahme wesentlich, dass die eigenen Probleme einer Gruppe sich durch das Wissen ihrer Nachbarn erhöhen, wenn die Summe von Problemen und Kenntnissen einen gewissen Schwellwert unterschreitet.

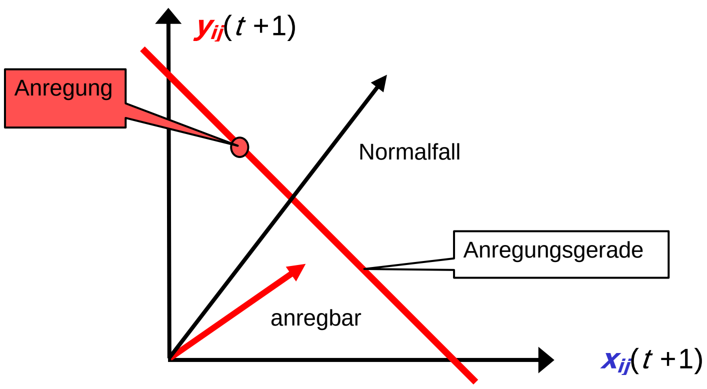

Abb. 2 *Im Halbraum unterhalb der roten Geraden eignet sich eine Gruppe die Probleme der benachbarten Gruppen an. Im Normalfall, d.h. oberhalb der roten Geraden arbeitet eine Gruppe unabhängig von den anderen.*

Gleiche Voraussetzungen und Bedingungen führen zu unterschiedlicher Produktivität – Strukturbildung auf Grund des Randes! Abb. 3 zeigt, dass sich auf Grund der unterschiedlichen Umgebung der verschiednen randnahen Zellen die Problem- und Kenntnisfunktionen unterschiedlich entwickeln. Bei der Diagonalzelle (2,2) setzt deshalb die Entwicklung der Probleme früher ein als bei den ihr benachbarten Zellen. Dadurch wird sie zu einer Führungszelle.

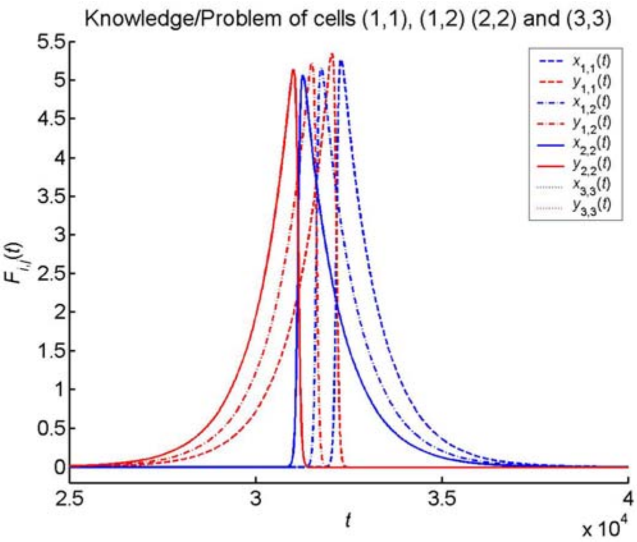

Abb 3. *Die inneren Zellen (2,2) und (3,3) werden nach Unterschreiten der Anregungsschranke in der Refraktärphase im 2. Zyklus am schnellsten aktiv; es folgen die Randzellen (1,2) und als letzte die Eckzellen (1,1).*

Es kommt so an den Rand- und Eckzellen des Automaten zu einer Aufspaltung der einzelnen Dynamiken, so dass diese Zellen zu Zentren der Ausbreitung von Problem und Kenntniswellen werden (Abb. 4). Am Rand des Automaten löschen sich die Wellen aus. Ebenfalls findet eine gegenseitige Auslöschung der Wellen statt, wie dies auch bei chemischen Wellen bzw. Autowellen der Fall ist [4].

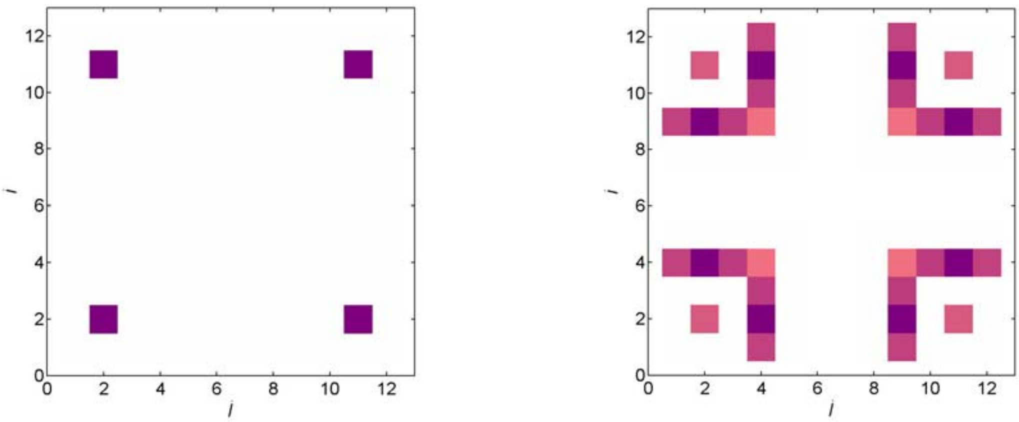

Abb. 4 *Ausbreitung der Problem-Kenntnis-Wellen im zellulären Automaten.*
Ausgehend von einer völlig homogenen Problemsituation aller Zellen bzw. Wissenschaftlergruppen bilden sich in den Diagonalpositionen die Zellen (2,2), (11,2), (11,11) und (2,11) zu Führungszellen aus. (Es entstehen „Targetpattern“.) Die Farbgebung besteht aus der Überlagerung der Problemfunktion (rot) und der Kenntnisfunktion (blau). Hier sind Zustände ausgesucht worden, bei denen Problem und Kenntnisse sich gerade annähernd die Wage halten (violett).

Die Wellen weisen noch eine innere Dynamik auf (vgl. Farbgebung in Abb. 4) und sind in ihrem Fortschreiten einer Oszillation unterworfen: zu bestimmten Zeiten verschwinden sie, um danach leicht verschoben an einer anderen Stelle wieder aufzutauchen.

Globale Dynamik des Wissens –

Eine auf unsere Welt bezogene Modellbildung muss die unterschiedlichen geographischen Gegebenheiten berücksichtigen, dass es nämlich Bereiche gibt, zwischen denen die Wissenschaftler nicht einfach durch persönliche Kommunikation miteinander gekoppelt sind.

Der zeitliche und finanzielle Aufwand, an das jeweils andere Ende der Welt zu fliegen, ist oft so groß, dass man nicht mehr von einer lokalen Kopplung sprechen kann. Dennoch gibt es aus den verschiedensten Gründen Situationen, in denen Wissenschaftler sehr eng miteinander arbeiten, obwohl sie weit voneinander entfernt tätig sind. Durch eine solche Fernkopplung wird die lokale Dynamik zu einer speziellen globalen Dynamik.

Zwecks Modellbildung betrachten wir nun zwei Bereiche, zwischen denen keine lokale Kopplung existiert, die aber jeder für sich der bereits erwähnten lokalen Kopplung unterliegen. Dann sollte es zu keiner Kopplung zwischen diesen Bereichen kommen, es sei denn, man führt eine Fernkopplung zwischen irgendwelchen beliebig herausgegriffenen Zellen ein. Durch eine solche Fernkopplung können dann neue Produktivitätszyklen entstehen (vgl. Abb. 5).

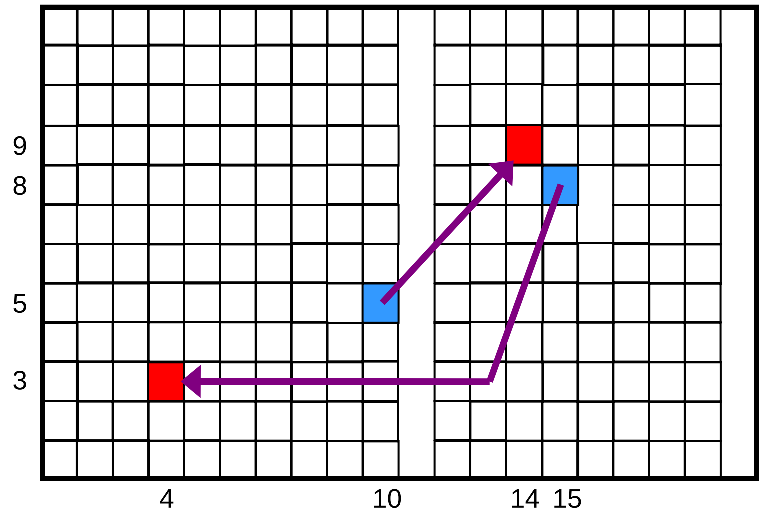

Abb. 5 *Schematische Darstellung des aus zwei rechteckigen Feldern bestehenden Automaten. Zelle (9,14) koppelt mit Zelle (5,10). Zelle (3,4) koppelt mit Zelle (8,15).*
Die Kopplungsvorschrift für diese Zellen lautet: $y_{ij}(t+1) = y_{ij}(t+1) + {}^{fern}K_{ij}x_{i'j'}(t)$.

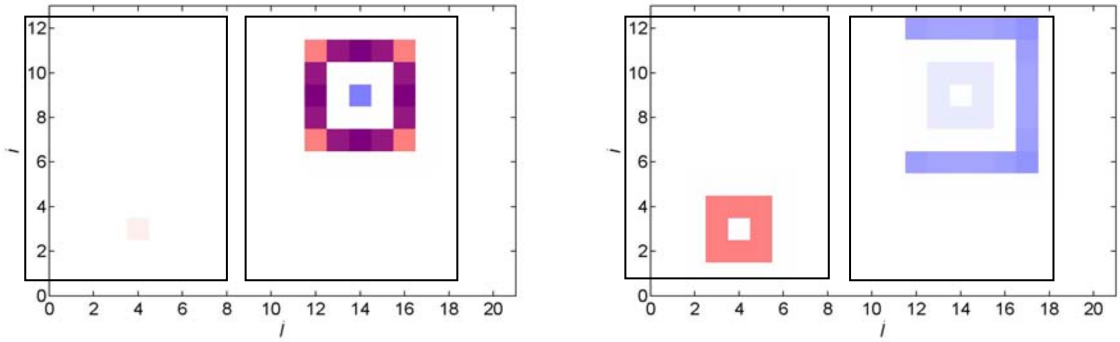

Abb. 6 *Der Automat entwickelt sich ausgehend von einer völlig homogenen Problemsituation in den beiden voneinander getrennten Bereichen. Die Bedingungen der lokalen Kopplung sind so gewählt worden, dass Randeffekte keine Rolle spielen. Die Zellen (3,4) und (9,14) werden zu Führungszellen, von denen Problem-Kenntniswellen ausgehen (vgl. Abb. 4).*

Als Beispiel dafür dienen die Zellen (3,4) und (9,14). Sie erweitern ihre Probleme mittels Fernkopplung dadurch, dass sie von den Kenntnissen der Zellen (8,15) bzw. (5,10) profitieren. Das macht sie zu den führenden Zellen in ihrem jeweiligen Bereich. Sie dominieren die Wissensproduktion in ihren Bereichen indem von ihnen immer neue Problem-Kenntniswellen ausgehen.

Literatur

[1] P.J. Plath, E.-C. Haß; „Interdisziplinarität oder vernetzte Wissenschaft“, Leibniz Online.

[2] P.J. Plath, J.K. Plath, J. Schwietering: “Collision Patterns on Mollusk Shells"; Discrete Dynamics in Nature and Society, **1**, (1997) 57 – 76.

[3] M. Gerhardt, H. Schuster, J.J. Tyson; A Cellular Automaton Model of Exitable Media“; Physica **D 46** (1990) 392 – 415.

[4] V.I. Krinsky; „Autowaves: Results, Problems, Outlooks”; in: Self-Organization – Autowaves and Structures Far from Equilibrium (Editor: V.I. Krinsky); Springer-Series in Synergetics Vol. 28 ; Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo (1984) S. 9 – 19.

Anschrift der Verfasser: Institut für Angewandte und Physikalische Chemie, AG. Chemische Synergetik, Universität Bremen, Bibliothekstraße NW D - 28 359 Bremen
E-mail: echass@uni-bremen.de, plath@zfn.uni-bremen.de