

## **Sprachwandel, auf dem Computer simuliert**

Gerhard Jäger, Manfred Krifka

### **Evolution der Arten und Evolution der Sprachen**

Natürliche Sprachen weisen eine Reihe von Analogien zu biologischen Arten auf. Zwei Populationen gehören zur selben Art, wenn sie sich untereinander erfolgreich fortpflanzen können; zwei Dialekte zur selben Sprache, wenn sie untereinander verständlich sind. Räumliche Trennung von Populationen führt dazu, dass sie sich biologisch oder linguistisch auseinanderentwickeln, bis produktive Interaktion nicht mehr möglich ist und die Art sich in Unterarten, die Sprache in Tochtersprachen aufgespalten hat. Dementsprechend lassen sich historische Entwicklungen und synchrone Verwandtschaftsbeziehungen sowohl in der Biologie als auch in der Linguistik in Form von Stammbäumen darstellen. Tatsächlich hatte bereits Charles Darwin in *The Origin of Species* von 1859 die Ähnlichkeit der biologischen und der sprachlichen Evolution erkannt, und der Sprachwissenschaftler August Schleicher, der die Stammbaumdarstellung bereits vor Darwin verwendet hatte, wies in seiner Schrift *Die Darwinsche Theorie und die Sprachwissenschaft* von 1863 auf die strukturelle Ähnlichkeit der Entwicklung der Arten und der Entwicklung der Sprachen hin.

Diese Ähnlichkeit zeigt sich auch unter genauerer Betrachtung der Mechanismen, welche der Evolution der Arten und der Evolution der Sprachen zugrundeliegen. In der Biologie geht es um die Weitergabe des genetischen Codes. Die Replikation von DNS-Sequenzen ist nicht perfekt, sondern variiert durch Mutation und durch Rekombination in der geschlechtlichen Fortpflanzung. Diese Variationen führen zu Nachteilen oder Vorteilen für die Organismen und pflanzen sich deshalb in unterschiedlichem Maße fort. Es erfolgt also eine Selektion zwischen den Varianten. In der Sprache findet Replikation im Spracherwerb des Kindes statt, das aus dem Sprachverhalten seiner Bezugspersonen die relevante Informationen über deren Grammatik extrahiert und daraus eine eigene Grammatik konstruiert. Dabei kann es ebenfalls zu kleinen Abweichungen kommen, der Variation durch Mutation in der Biologie vergleichbar. Diese können sich weiter fortpflanzen, wenn sie inhärente Vorteile in der Kommunikation besitzen und von der nächsten Generation leicht lernbar sind.

Aber auch nach dem Erwerb der Muttersprache ist sprachliches Lernen nicht abgeschlossen. Über das Erlernen neuer Wörter, Idiome oder Konstruktionen hinaus ist eine bestimmte Art von Variation der menschlichen Sprachfähigkeit inhärent. Es gibt fast immer mehrere Möglichkeiten, einen bestimmten Gedanken auszudrücken oder ein

kommunikatives Ziel zu erreichen. Die Kriterien für die Auswahl von Varianten sind zum Teil sprachlich-kognitiver und zum Teil sozialer Natur: Sprecher wollen effektiver kommunizieren, und sie ahmen auch prestigeträchtige Vorbilder nach. Daraus resultiert ein Selektionsdruck für einzelne sprachliche Äußerungen: Unter möglichen Alternativen werden die gewählt, die als besonders erfolgreich erscheinen, und Lösungen, die in der Vergangenheit erfolgreich waren, werden auch in der Zukunft angewendet. Diese Mikroevolution von Ausdrucksalternativen wirkt auf die Makroevolution der Sprachen zurück: Optimale Ausdrucksalternativen werden häufiger produziert und dabei auch von Kindern eher erworben.

### **Optimierung in Organismen und Optimierung in Ausdrücken**

In dem Projekt *Bidirektionale Optimalitätstheorie* am Zentrum für Allgemeine Sprachwissenschaft geht es vor allem um die Beschreibung der Prinzipien, welche die Selektion von Ausdrucksvarianten steuern. Die zugrundeliegende Idee ist, dass man linguistische Objekte als Verbindungen von Ausdrücken und Bedeutungen sehen kann. Eine bestimmte Verbindung ist besser als eine andere, wenn entweder bei gleicher Bedeutung der Ausdruck besser ist, etwa weil er kürzer oder einfacher zu produzieren ist, oder weil bei gleichem Ausdruck die Bedeutung besser ist, etwa weil sie besser den Erwartungen entspricht. Ein Beispiel für den ersten Fall: Wir ziehen den Satz *Sie schrieben den Artikel auf einem Computer* dem Satz *Sie schrieben den Artikel unter Zuhilfenahme eines Computers* vor, weil er kürzer ist, aber im Normalfall dasselbe ausdrückt. Ein Beispiel für den zweiten Fall: Wir verstehen den Satz *Sie schrieben den Artikel auf einem Computer* als ‘unter Zuhilfenahme eines Computers’ und nicht als ‘während sie auf einem Computer waren’, weil es sich dabei um die normalere Bedeutung handelt. Wenn wir tatsächlich etwas Ungewöhnliches ausgedrückt werden soll, dann leistet sich die Sprache den komplexeren Ausdruck. Wir sagen umständlich *Die Liliputaner schrieben den Artikel, während sie auf einem Computer waren* statt ...*auf einem Computer*, um die intendierte Bedeutung klar zu machen.

Diese Art der Optimierung ist nicht unähnlich derjenigen, die sich auch in der biologischen Evolution findet. Ein Beispiel ist die Modifikation des Atem- und Nahrungszuführungstraktes beim Menschen. Luft- und Speiseröhre trennen sich im Rachen; der Kehlschluss sorgt dafür, dass keine Nahrung in die Luftröhre gerät. Hierfür ist eine hohe Position des Kehlschlusses optimal, die sich auch bei allen Primaten mit Ausnahme des Menschen findet. Diese ist jedoch für die Produktion von vokalen Lauten eher ungünstig, und es unterstreicht die Bedeutung der Sprache für die menschliche Evolution, dass sich der Kehlschluss beim Menschen wesentlich abgesenkt hat. Wir können sprechen um den Preis, dass wir uns verschlucken können.

Eine sonst nicht-optimale physiologische Form, der tiefe Kehlschluss, kann zur optimalen werden, wenn neue, ungewöhnliche Aufgaben wie eine differenzierte Lautproduktion gelöst werden müssen.

### **Asymmetrien bei Kasusmarkierungen**

In einer Studie am Zentrum für Allgemeine Sprachwissenschaft konnte gezeigt werden, dass die Sichtweise der bidirektionalen Optimalitätstheorie wesentliche Aspekte von Kasusmarkierungen in den menschlichen Sprachen erklären kann. In einem Satz mit einem transitiven Verb, wie etwa *Der Hund biss den Esel*, kommt es darauf an, den Täter (das ‘Agens’) und das Opfer (das ‘Patiens’) zu identifizieren. In vielen Sprachen, so auch im Deutschen, hilft dabei die Kasusmarkierung: Das Agens erscheint im Nominativ, der Nennform (*der Hund*); das Patiens erscheint in einer davon verschiedenen Form, dem Akkusativ (*den Esel*). In einem Satz mit einem intransitiven Verb, wie *Der Hund schläft*, erscheint das Subjekt natürlich in der einfachsten Form, der Nennform.

Es ist nun für die Aufgabe der Agens/Patiens–Unterscheidung in transitiven Sätzen eigentlich irrelevant, ob das Agens oder das Patiens in der Nennform auftritt. Und tatsächlich gibt es viele Sprachen, die anders als das Deutsche das Patiens in der Nennform ausdrücken und das Agens in einer davon verschiedenen Form, dem sogenannten Ergativ. Im Baskischen, einer Ergativsprache, sagt man *Jonék Miren jo zuen* für ‘Jon hat Miren geschlagen’ und *Jon etorri da* für ‘Jon ist gekommen’.

In den allermeisten Sprachen, die überhaupt Kasusmarkierungen besitzen, wird die Unterscheidung von Agens und Patiens allerdings nicht durchgängig ausgedrückt. Im Deutschen entfällt sie im Neutrum und im Femininum; es heißt etwa *Sie läuft*, *Sie kennt den Jungen* und *Der Junge kennt sie*. Im Englischen gibt es die Unterscheidung nur beim Personalpronomen, und dort auch nur bei solchen, die sich auf Personen beziehen: wir unterscheiden *he/him* und *she/her*, aber *it* bleibt unverändert. Ob überhaupt eine Unterscheidung gemacht wird, und welche, hängt dabei weltweit und auch bei nicht näher miteinander verwandten Sprachen immer wieder von ähnlichen Kriterien ab: Bei Personalpronomina wird die Unterscheidung eher gemacht als bei vollen Nominalausdrücken, wobei die Pronomina eine Nominativ/Akkusativ-Markierung wie bei *er/ihn* bevorzugen. Bei Personen- oder Tierbezeichnungen kommt diese Markierung eher vor als bei Dingbezeichnungen (vgl. Englisch *he/him* und *she/her* versus *it/it*). Bei definiten Ausdrücken, die sich auf Bestimmtes beziehen, kommen sie eher vor als bei indefiniten Ausdrücken; so werden etwa im Hebräischen nur definite Objekte mit der Akkusativmarkierung *et* versehen.

In der Sprachtypologie sind solche Unterschiede in Hunderten von Sprachen akribisch erfasst und miteinander korreliert worden, und es wurde versucht, sie aus der kommunikativen Funktion der Sprache heraus zu erklären. Es ist danach nicht zufällig, dass eine Sprache bei Ausdrücken, die Dinge bezeichnen, keinen großen Wert auf die Kennzeichnung der Agens- und der Patiensrolle legen. Dingbezeichnungen treten ohnehin selten in Agensrolle auf, und da lohnt es sich nicht, hierfür eine eigene Markierung zu verwenden. Bei Bezeichnungen von Personen oder Tieren spielt die Unterscheidung hingegen eine Rolle; man weiß sonst nicht, ob der Hund den Esel oder der Esel den Hund gebissen hat. Wenn also der Einsatz von Kasusmarkierungen kostspielig ist, weil zwischen unterschiedlichen Formen gewählt werden muss und die Markierung den Ausdruck komplex macht, der Sprecher aber Kosten möglichst vermeiden will, dann tut er gut daran, sie dann einzusparen, wenn sie nicht für das Verständnis nötig sind – also etwa bei einem nicht-belebten Patiens.

Dieses Optimierungsargument kann man auch bei anderen Asymmetrien der Kasusmarkierung anwenden, beispielsweise beim Unterschied zwischen Pronomina und vollen Nominalausdrücken. Wenn man alltägliche Kommunikation in unterschiedlichen Sprachen untersucht, findet man, dass Sätze der Art *Er kennt den Jungen*, mit pronominalem Subjekt und nicht-pronominalem Objekt, etwa fünfzigmal häufiger sind als Sätze der Art *Der Junge kennt ihn*, mit nicht-pronominalem Subjekt und pronominalem Objekt. Es lohnt sich also, eine “teure”, von der Nennform abweichende Kasusmarkierung gerade bei pronominalen Objekte einzusetzen, wie etwa das Englische: *The boy knows him*.

### **Simulationsexperimente für die Sprachevolution**

Das Projekt zur Bidirektionalen Optimalitätstheorie versucht, solche plausiblen, aber eher informelle Erklärungen zu präzisieren und für Computersimulationen zugänglich zu machen. Das verwendete Modell besteht aus einer großen Anzahl simulierter Sprachbenutzern, die immer wieder einfache Botschaften in Form von transitiven Sätzen austauschen. Jeder Sprachbenutzer verfolgt dabei eine bestimmte Strategie der Kasusmarkierung, die aber leicht variieren kann. Für jeden erfolgreichen Kommunikationsakt – also für jeden Fall, in dem die intendierte Bedeutung auch tatsächlich so verstanden wird – werden die simulierten Sprachbenutzer belohnt. Das führt dazu, dass sie in Zukunft mit größerer Wahrscheinlichkeit wieder auf die verwendete Strategie zurückgreifen beziehungsweise, wenn sie gescheitert ist, diese variieren werden. Es besteht damit ein allgemeiner Optimierungsdruck, richtig verstanden zu werden. Das würde dazu führen, dass Sprachen immer eindeutig Agens

und Patiens von transitiven Sätzen markieren, wie dies zum Beispiel im Baskischen, einer Ergativsprache, und dem Ungarischen, einer Akkusativsprache, der Fall ist.

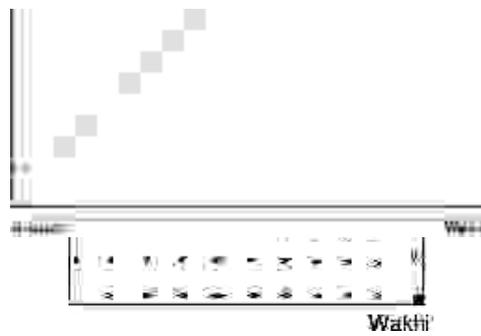
Neben dem Druck, richtig verstanden zu werden, gibt es aber auch den Druck, die intendierte Bedeutung mit möglichst wenig Aufwand zu kommunizieren. Dabei können die simulierten Sprecher auf die erwähnten statistischen Tendenzen bauen, dass etwa Dingbezeichnungen als Agens oder Sätze mit nichtpronominalem Agens und pronominalem Patiens selten sind. Will man etwa die Bedeutung 'er kennt einen Jungen' ausdrücken, dann kann man auf solche allgemeinen Tendenzen bauen und auf die Kasusmarkierung für den Ausdruck der Bedeutung 'einen Jungen' verzichten. Bei der Bedeutung 'Ein Junge kennt ihn', die den allgemeinen Tendenzen widerstrebt, lohnt sich hingegen die explizite Kasusmarkierung. Im ersten Fall geht der Sprecher gewissermaßen eine Wette ein, dass der Adressat den Ausdruck trotz der fehlenden Kasusmarkierung richtig dekodieren wird. Der Vergleich mit einer Wette ist dabei nicht zufällig; tatsächlich lassen sich spieltheoretische Überlegungen sinnvoll in die Theorie der sparsamen Markierung einbringen. Im Simulationsexperiment führt das dazu, dass sich bestimmte Arrangements von Kasusmarkierung durchsetzen, wie etwa die des Englischen: Explizite Kasusmarkierung, die von der Nennform abweicht, nur bei pronominalen Objekten, und darunter nur bei den belebten (also *him* und *her*). Auch wenn die Sprecher einer simulierten Sprachgemeinschaft anfangs unterschiedliche Strategien verfolgen, enden sie, wenn man überhaupt Variation bei der Kasusmarkierung zulässt, in aller Regel bei einem System, das man auch unter den natürlichen Sprachen häufig vorfindet.

Allerdings gibt es auch Ausnahmen, typologische Raritäten, die nach dem gängigen Erklärungsschema eigentlich unmöglich sein sollten. Ein Beispiel ist das Wakhi, eine Sprache mit etwa 20000 Sprechern in der Grenzregion von Afghanistan, Tadschikistan und Pakistan, die als iranische und damit indogermanische Sprache sehr entfernt mit dem Deutschen verwandt ist. Sie ist gewissermaßen das Spiegelbild des Englischen. Zwar wird für Nominalausdrücke eine Unterscheidung zwischen Agens und Patiens getroffen, allerdings wird in vielen Fällen das Agens eigens markiert, während das Patiens in der Nennform bleibt. Dies ist zum einen eine wenig ökonomische Markierung, weil sie der allgemeinen Tendenz nach pronominalen Agens und nicht-pronominalen Patiens entgegenläuft, weil also explizite Kasusmarkierungen häufig eingesetzt werden. Andererseits kann man es der Grammatik des Wakhi zumindest zugute halten, dass sie in diesem Fall überhaupt Agens und Patiens auseinanderhält. Und sie tut es wohl auch aus Ökonomiegründen; die explizite Kasusmarkierung tritt etwa dann auf, wenn das Subjekt explizit hervorgehoben wird, etwa in *Der ESEL biss den Hund (nicht das Pferd)*.

## Nischen für Raritäten

Die spieltheoretisch basierte Computersimulation zeigt nun, dass Grammatiken wie die des Wakhi durchaus auch eine Existenzberechtigung haben, selbst wenn es keine zusätzliche Motivation wie etwa durch die Betonung gäbe. Wenn wir nämlich von der Grammatik des Wakhi ausgehen, dann lohnen sich minimale Abweichungen von dieser Grammatik nicht, da diese zu Missverständnissen in der Kommunikation führen würden. Die Grammatik des Wakhi stellt ein sogenanntes lokales Optimum dar, das nicht durch kleine, vereinzelte Abweichungen verlassen werden kann. Durch verschiedenartige Sprachwandelprozesse kann eine Sprache in eine solche Ecke bugsiert worden sein, aus der sie dann schwer wieder herauskommen kann. Man denke etwa nur an das Genusssystem des Deutschen, das viele Sprecher zu Monstrositäten wie *liebe Zuhörerinnen und Zuhörer* zwingt, wenn sie sich sowohl auf weibliche als auch auf männliche Personen beziehen wollen, und die in Nicht-Genussprachen wie dem Türkischen unnötig sind.

Im Simulationsexperiment kann man bestimmte Anfangsparameter wählen, nach denen das System in einem von zwei stabilen Zuständen endet. Entweder hat die Population nach einigen Tausend Kommunikationsakten “Englisch” oder “Wakhi” gelernt. Aufgrund der normalen statistischen Verteilung von Sätzen mit pronominalen und nicht-pronominalen Subjekten und Objekten ist die Wahrscheinlichkeit, auf “Englisch” zu enden, allerdings um vieles größer. Dies zeigt das Vektordiagramm (a). Jeder Punkt innerhalb des Quadrats repräsentiert einen Zustand der Population, und die Vektorpfeile geben die Richtung an, in die sich die Population aufgrund der evolutionären Dynamik bewegt. Für die meisten möglichen Ausgangsbedingungen führt diese in die linke obere Ecke (die dem Kasusmuster des Englischen entspricht), während die untere rechte Ecke (“Wakhi”) zwar auch ein Attraktor ist, aber ein viel kleineres Einzugsgebiet hat. Eine andere Möglichkeit, sich die Asymmetrie klarzumachen, wird durch die Grafik (b) verdeutlicht. Der Zustand des dynamischen Systems wird hier durch eine Potentialfunktion charakterisiert. Die inhärente Dynamik tendiert immer zu einer Verringerung des Potentials. Sowohl Englisch als auch Wakhi stellen lokale Potential-Minimal dar.



Allerdings ist das Verhalten der Agenten in der Simulation nicht deterministisch. Die Vektorpfeile der Grafik (a) geben also nur statistische Mittelwerte an, während die Mikroevolution nicht-deterministisch und verrauscht ist. Aufgrund dieser stochastischen Komponente kann das dynamische System Potentialbarrieren überwinden. Wie aus den beiden Grafiken ersichtlich wird, ist die Potentialbarriere, die bei einem Wechsel von Englisch nach Wakhi zu überwinden ist, wesentlich höher als die für einen Wechsel in die umgekehrte Richtung. Das erklärt, weshalb Kasussysteme vom Typ des Englischen so viel häufiger sind als Kasussysteme vom Typ des Wakhi.

Das Projekt zur Bidirektionalen Optimalitätstheorie versucht allgemein, aus den statistischen Tendenzen des normalen Sprachgebrauchs und aus allgemeinen spieltheoretischen Überlegungen Asymmetrien in der Grammatik abzuleiten. Kasusmarkierungen sind dabei ein besonders reiches Experimentierfeld. So konnte plausibel gemacht werden, dass der Verlust einer eigenen Akkusativmarkierung im Femininum im Deutschen, die im Mittelhochdeutschen noch vorhanden war, wahrscheinlich dadurch mit bedingt war, dass feminine Nomina und Pronomina nur vergleichsweise selten für Personen verwendet wurden (es fanden sich da häufig Diminutive oder andere Nomina im Neutrum). Ein weiterer Anwendungsbereich stellt die Entwicklung von Pronominalsystemen dar. Verhältnismäßig viele Sprachen, etwa auch das Altenglische, besitzen keine Reflexivpronomina; ein Satz der Art *Hans schlug ihn* kann da verstanden werden als: 'Hans schlug sich selbst'. Allgemeine Überlegungen der optimalen Kodierung können motivieren, wie emphatische Pronomina wie etwa das englische *himself* sich zu Reflexivpronomina entwickeln können.

Die Simulation veranschaulicht auch, wie eine Brücke geschlagen werden kann von der Mikroevolution der Optimierung der Sprecherstrategien für einzelne Kommunikationsakte zur Makroevolution der Sprachen. Während Sprecher lokal optimieren, verändern sie die Grammatik der Sprache selbst, die sich in eine bestimmte Richtung hin bewegt und dabei die in den Sprecherstrategien angelegten Tendenzen verfestigt. Es gibt dabei immer wieder Bereiche, in denen die Optimierungstendenzen

verschiedenen Attraktoren folgen können, und so erklärt sich, dass die Tochtersprachen einer gemeinsamen Ursprache – hier des Indogermanischen – sich zu Sprachen ganz unterschiedlichen Baus entwickeln können.