

# Darwinismus einen Schritt weiter gedacht<sup>1</sup>

Walther Umstätter

## Zusammenfassung:

Dass Mensch und Affe biologisch verwandt sind hatten schon Carl von Linné, Erasmus Darwin und Johann Wolfgang von Goethe erkannt. Aber erst Charles Darwin fand die Erklärung dafür in der Selektion der Überlebenden in der hohen Zahl der jeweiligen Nachkommen. Dass diese Selektion auch zu einem Wissenserwerb in der phylogenetischen Entwicklung führte, und nicht nur dazu, dass Lebewesen lernende Systeme sind, die in ihrer Ontogenese auf dieser Intelligenz aufbauen, ist weniger bekannt. Dieses über Jahrmillionen erworbenen Wissen in Form von Intelligenz hat durchaus zu einem Fortschritt in der Evolution geführt, so dass wir unter diesem Aspekt zwei Typen von Überlebensstrategien unterscheiden können. Genauer gesagt, zwei Taktiken in der Biogenetischen Evolutionsstrategie. A: Lebewesen die vergleichsweise wenig Wissen durch hohe Nachkommenzahlen kompensieren, und solche, die sich nur langsam vermehren, und die geringe Nachkommenzahl durch ein erhöhtes Wissen zur Überwindung der Gefahren in ihrer Umwelt ausgleichen.

---

<sup>1</sup> Der vorliegende Beitrag greift auf eine Monographie von W. Umstätter: Zwischen Informationsflut und Wissenswachstum, Simon Verlag, Berlin (2009) zurück.

Es gibt in der belebten Welt eine interessante Korrelation, die bisher noch wenig Beachtung gefunden hat. Sie reicht im Prinzip auf Thomas Malthus, Charles Darwin und Alfred R. Wallace zurück, geht aber über deren Erkenntnis einen wichtigen Schritt hinaus.

Während wir uns heute, an den Gedanken von Malthus gewöhnt haben, und ihn darum auch nicht als besonders dramatisch empfinden, war es vor 150 Jahren, bei Darwins berühmter Abhandlung zur *natural selection*, durchaus erschütternd, zu erkennen, dass die Natur grundsätzlich, wir sagen heute strategisch, weitaus mehr Nachkommen erzeugt, als sie zur Erhaltung der Art zunächst braucht, um anpassungsfähig zu sein und evolutionär fortschreiten zu können. Sie erzeugt große Zahlen an Nachkommen, die zumeist nur zum Sterben geboren sind, damit das *survival of the fittest*, wie es Spencer verstand, greift. Eine solche Strategie hat bekanntlich nichts mit *intelligent design* oder ähnlichem zu tun, sie ist lediglich die Konsequenz dessen, dass Arten mit weniger Nachkommen nicht überleben konnten.

Was dabei bis lang übersehen wurde, ist die Korrelation zwischen der Nachkommenzahl einer Art und ihrer Intelligenz, die sie zum Überleben braucht. So können wir vereinfacht gesagt beobachten, dass Bakterien möglichst rasch Milliarden und aber Milliarden Nachkommen hervorbringen, damit ihre Existenz gesichert bleibt. Sie kompensierten ihr geringes ererbtes Wissen über ihre Umwelt durch die Massenproduktion an Nachkommen, damit zumindest eine ausreichende Zahl von ihnen sich durch die Jahrtausende hindurch bis heute vererben konnte. Höhere Tiere beispielsweise sehen, hören und lernen über ihre Umwelt weit mehr, sie testen erst Jahre lang ihre Lebensfähigkeit, bevor sie sich, wie beispielsweise der Mensch, nach der Pubertät mit einigen wenigen Kindern fortpflanzen.

Dazu gehört eine weitere Korrelation, in der die Zahl der Nachkommen umgekehrt proportional zu der Verzögerung steht, ab wann Nachkommen gezeugt werden können. Je länger es sich ein Tier leisten kann, ohne Nachkommen zu überleben, desto weniger Nachkommen kann und muss es zur Arterhaltung hervorbringen. Das hat in erster Näherung natürlich auch etwas mit der Größe der Tiere, ihrer Zellzahl und dem Stoffwechsel zu tun. So sind Mäuse nach wenigen Wochen, Katzen nach wenigen Monaten und Elefanten nach über zehn Jahren geschlechtsreif.

Der kausale Zusammenhang dabei ist leicht einsehbar. Je länger es dauert, bis Nachkommen einer gewissen Größe gezeugt werden können, um so sicherer muss die Art diese Zeitspanne überleben, und dazu gehört das notwendige Wissen wie, wo und welche Nahrung man auswählt, wie und wo man den Sexualpartner findet, etc. Wer einmal beobachtet hat, mit wie raffinierten Strategien manche Tiere Jagen, sich verstecken, Pheromone folgen oder Nester bauen, kann beurteilen, wie schwierig es wäre beispielsweise einem intelligenten Roboter ähnliches Wissen einzuprogrammieren. Die meisten Ein- oder Wenigzeller verzichten sogar weitgehend auf die Suche nach einem Sexualpartner, weil dies schon einer erheblichen Intelligenz bedarf. Bei höheren Lebewesen ist dagegen ungeschlechtliche Vermehrung weitaus seltener.

Die Unterscheidung der zwei Typen von Lebewesen, mit mehr oder weniger Nachkommen ist insbesondere in der Ökologie durch MacArthur, R.H., and Wilson, E.O. 1967 erkannt worden. [1] Dabei zeichnen sich die r-Strategen durch hohe Reproduktion aus, während die K-Strategen eher durch Konkurrenzstärke überleben. Bei der Besiedlung neuer Biotope gelten die r-Strategen als besser geeignet für unvorhersehbare Umweltbedingungen. Was dabei allerdings weniger betrachtet wurde ist, dass die Vorhersehbarkeit der K-Strategen auch ein evolutiv erworbenes Wissen erfordert. Sie tragen mehr oder minder komplexe innere Modelle, Jakob Johann von Uexküll sprach in diesem Zusammenhang von der Merkwelt und Wirkwelt,[2] von ihrer Umwelt in sich.

Eine interessante Unterscheidung gibt es dabei noch zwischen den höheren Pflanzen und Tieren. Die Tiere mit ihrem sogenannten geschlossenen Wachstum durchlaufen nach einer begrenzten Wachstumsphase eine Zeit, in der sie nachkommen zeugen können, um dann zu altern und zu sterben. Auch dieses Sterben muss zur Vermeidung von Überpopulationen zur rechten Zeit erfolgen und je nach Intelligenz der Beteiligten, den Randbedingungen der Räuber-Beutemodelle genügen.

Bäume beispielsweise, mit ihrem offenen Wachstum, leben dagegen fast unbegrenzt, bis sie erkranken, von Stürmen hinweggerafft werden oder anderen Gefahren unterliegen. Dabei wird auch bei ihnen die Überlebensfähigkeit erst über mehrere Jahre getestet, bevor sie die ersten Samen erzeugen. Von da ab, produzieren sie, von Schwankungen abgesehen, jedes Jahr mehr Nachkommen, so dass man sagen kann, je besser

das genetische „Wissen“ eines Baumes ist, auf die Umwelt richtig zu reagieren, desto mehr Nachkommen verbreitet er. Das ist aber nur ein scheinbarer Widerspruch zur erst genannten Korrelation, weil zum Überleben unterschiedliches Wissen benötigt wird, und die Samen der Bäume haben wenig Wissen darüber, wo sie am besten auskeimen können. Vögeln beispielsweise, können ihre Nachkommen dagegen gezielt an Orte bringen, an denen sie eine ausreichende Überlebenschance haben. Erst an den weitgehend zufällig erreichten Keimungsorten zeigen die Samen von Pflanzen wiederum recht raffinierte Strategien rechtzeitig auszukeimen, sich in bestimmte Böden zu bohren, nur unter bestimmten Bedingungen, wie der Stratifikation, der Feuchte oder der Helligkeit, auszukeimen, durch ihr Fruchtfleisch Tiere anzulocken, die die Samen dann verbreiten etc.

Hier von Wissen zu sprechen, ist für viele Biologen problematisch, obwohl es nur konsequent ist, wenn man sich bewusst macht, dass ein Baum beispielsweise an der Tageslänge erkennt, dass der Winter naht, und er sich damit vorausschauend verhält, wenn er seine Blätter rechtzeitig abwirft, nachdem er ihnen wichtige Substanzen entzogen hat. [3]

Nach dieser Erkenntnis von 1981 schrieb auch Sir Karl Popper [4] in seinem Werk „Alles Leben ist Problemlösen“ von 1994, dass Pflanzen Wissen haben, ohne dass sich in der Fachwelt darauf eine stärkere Resonanz abzeichnete. Er schrieb explizit: „Also die Blumen »wissen« etwas über allgemeine Regelmäßigkeiten.“ Das war schon sehr viel deutlicher als die Aussage von Konrad Lorenz mit seinem bekannten Leben ist Lernen,[5] das noch weitgehend so verstanden werden konnte, dass Lebewesen und insbesondere Tiere lernende Systeme sind. Dass aber alle Lebewesen, also auch Bakterien oder Pflanzen in ihrer Phylogenie Wissen erworben und in inneren Modellen von ihrer Umwelt abgespeichert haben, ist ein weiterer Schritt der Erkenntnis. Diese beinhaltet auch die Einsicht darin, dass es in der Evolution zu einem Fortschritt von den weniger wissenden r-Strategen zu den mehr wissenden K-Strategen gekommen ist. Dies zu leugnen,[6] ist insofern wissenschaftlich gefährlich, weil es den Kreationisten und *intelligen desing*-Vertretern die Möglichkeit der Falsifikation bietet. In Wirklichkeit gelingt ihnen dies aber nur für einen Trivial- oder Primitivdarwinismus der selbstverständlich falsch ist, und mit Darwins Theorie auch nichts gemein hat.

Der Grund dafür, dass die Erkenntnis, dass auch Pflanzen Wissen haben und nicht nur der Mensch, vielen Wissenschaftlern Schwierigkeiten bereitet, ist einfach. Es liegt an der Unschärfe der Begriffe wie Wissen, Intelligenz, Information, Bewusstsein oder Einsicht bzw. Sapientia, die oft miteinander verwechselt werden. Der Mensch hat mit den Tieren gemeinsam ein unbewusstes Wissen, aber er kann als Homo sapiens über dieses in seinem Bewusstsein reflektieren. Er kann es analysieren, hinterfragen und so seinen freien Willen entfalten, in dem er es je nach Einsicht korrigiert. Im Notfall kann er sein Handeln sogar auf "Gottesurteile" oder den reinen Zufall gründen. Pflanzen und Tiere können dies erfahrungsgemäß nicht. Ihre Intelligenz ist teilweise völlig anders als die unsere, weil sie je nach Lebensbedingungen andere Problemlösungen haben müssen.

Wenn wir zunächst Francis Bacon folgen, der da schrieb, richtig zu wissen bedeutet, durch Gründe zu wissen, oder auch René Descartes, der Wissen als Erkenntnis der Wahrheit aus ihren ersten Ursachen definierte, so bleibt nur die Frage, was wir unter Begründung oder Kausalität verstehen. Seit der Informationstheorie von Shannon, Weaver, Wiener etc. können wir auf dieser Basis feststellen, das Wissen begründete Information ist, und dass die Wissenschaft zunächst drei typische Methoden des menschlichen Wissenserwerbs kennt.

1. Die Beobachtung
2. Das Experiment.
3. Die logische Folgerung

In allen kommt es darauf an, zeitlich zwischen Ursache und Wirkung zu unterscheiden. Eine vierte, aber eigentlich die primitivste Methode, wird seit einigen Jahrzehnten in den sogenannten Evolutionsstrategien verwendet. Sie basiert auf zwei Grundprinzipien:

- a. Auf Versuch und Irrtum
- b. Auf der Vererbung von Eigenschaften.

Auf diesem Wege konnte die Evolution über Jahrmillionen hinweg lernen zu überleben.

So lernten beispielsweise Pflanzen zu wissen, dass es im Winter kalt und im Sommer warm, am Tag hell und in der Nacht dunkel ist, und dass nur die überleben, die sich durch Reserven darauf entsprechend einstellen. Dies tun viele Pflanzen erfahrungsgemäß vorausschauend. Sie warten nicht erst die Kälte ab, sondern reagieren schon im Herbst mit der Bil-

dung von Abscisinsäure zur Vorbereitung des Laubfalls. Das hat schon zu zahlreichen teleologischen Betrachtungen in der Biologie geführt.

Obwohl man seit Darwin nicht mehr von einer zielgerichteten Evolution im Sinne einer Teleologie ausgeht, wurde doch immer wieder unter Begriffen wie Aristogenese, Nomogenese, Omega-Prinzip, Orthogenese, Teleonomie, Entelechie oder *élan vital* versucht zu erklären, wie es zu der unbestreitbaren, wenn auch höchst unterschiedlichen Intelligenz der Lebewesen gekommen sein könnte. Die Evolution ist seit den darwinistischen Erkenntnissen sicher nicht als zielgerichtete Straße zu verstehen, aber durchaus als *Creode*, als Folgerichtigkeit eines Flusses in Waddingtons epigenetischer Landschaft, in der der Selektionsdruck die Richtungen vorgibt.

Was Henri Bergson mit seinem *élan vital*, Hans Driesch mit seiner Entelechie etc. noch nicht wissen konnten, ist, dass die Information, die in der DNS über Jahrmillionen gespeichert wurde, in einem Lernvorgang Wissen ansammelte. Der scheinbare Widerspruch zwischen einer ungezielten Auslese und der Evolution vom Bakterium zum Homo sapiens, also zum Menschen mit Sprache, Einsicht und Bewusstsein, ist damit im Prinzip einfach. Lebewesen, die ihr Überleben erst testeten, bevor sie sich vermehrten, brauchten phylogenetisch betrachtet mehr Zeit, konnten aber so auch mehr Wissen und Komplexität entwickeln.

Aufbauend auf dem Darwinismus müssen wir heute vier sogenannte Evolutionstheorien unterscheiden:

1. Die Evolutionstheorie Darwins, die auf der Beobachtung des englischen Geistlichen Malthus beruht, der feststellte, dass bei den Lebewesen die Zahl der Nachkommen größer, oft sogar sehr viel größer ist, als sie zur Arterhaltung notwendig wäre. Da diese Nachkommen alle mehr oder minder kleine Abweichungen ihren Eltern gegenüber aufweisen, kommt es zwangsläufig zu graduellen Veränderungen, die dazu führen, dass sich manche dieser Nachkommen besser behaupten, als viele andere, die früher oder später nachkommenlos sterben. Die Darwin oft unterstellte Erkenntnis, dass der Mensch mit dem Affen verwandt sei, ist viel älter und geht am besten fundiert auf die Systematik K. Linnés zurück, und auf J.W. Goethe, der in seiner vergleichenden Anatomie unter anderem

die „peinliche“ Verwandtschaft zwischen Affe und Mensch nachwies, was man ihm, nach seinen eigenen Worten sehr übel nahm.

Darwin fand und beschrieb zahlreiche Beispiele, die dafür sprechen, dass sich Veränderungen vererben, und so zu einer Evolution mit *gradualness*, wie er es nannte, führen. Er hat darum mehrfach den Spruch *natura non facit saltus* (Die Natur macht keine Sprünge) verwendet. Wir müssen heute allerdings feststellen: Und sie macht doch Sprünge. Bei den Mutationen ebenso wie bei den Quantensprüngen, auch wenn diese meist sehr klein sind.

2. Diese Evolutionstheorie fand in der folgenden heftigen Auseinandersetzung zwischen den Befürwortern und den Gegnern der Theorie, durch die Entdeckung der Genetik mit Gen-, Genom- und Chromosomenmutationen, der DNS als Erbsubstanz und der Informationstheorie, während des letzten Jahrhunderts, im Neodarwinismus ihren weiteren Ausbau und eine glänzende Bestätigung als sogenannte Synthetische Evolutionstheorie.
3. Daneben hat sich an zahlreichen Stellen ein Trivialdarwinismus verbreitet, der zunächst von einer einfachen Versuch- und Irrtum-Strategie ausgeht. Es fehlt ihm aber die *gradualness*. Gegen diesen Trivialdarwinismus wird gern das Beispiel vom Uhrmacher angeführt, der die Teile einer Uhr so lange schüttelt, bis zufälligerweise eine funktionierende Uhr entsteht. Dieses und ähnliche Beispiele haben mit dem Darwinismus aber nichts zu tun. Sie offenbaren nur die Unkenntnis darüber.

Die bekannteste Spielform des Trivialdarwinismus ist die Reduktion der belebten Natur auf das rücksichtslose Fressen oder Gefressen werden. In ihr wäre es völlig unsinnig, wenn ein Lebewesen Jahre lang wartet, bevor es sich vermehrt. Der Trivialdarwinismus lebt bis heute in der Hypothese von F. Wuketits oder auch in Richard Dawkins egoistischem Gen weiter. Weil man nach dem Kampf der Individuen untereinander, auch den „Kampf der Teile“ (Roux, W.), der Zellgewebe, der Zellen (Nietzsche, F.), der Zellorganellen und dann sogar den der Gene postulierte. Im Prinzip ist das abwegig, weil sich ein Individuum immer nur als Ganzes vererben kann. Jede Zelle, jedes Gen und auch jedes Individuum kann nur als Teil seiner Gemeinschaft überleben. Das erzwingt nicht selten Selbstlosigkeit, wenn Zellen in einem Gewebe ihr Le-

ben beispielsweise bei der Differenzierung für den Gesamtorganismus aufgeben, oder Eltern ihr Leben aufs Spiel setzen, um ihre Kinder zu schützen etc. Dieser Trivialdarwinismus ist keine wirkliche Theorie, sondern lediglich ein verballhornter Darwinismus, der den Gegnern des Darwinismus nur dazu dient, diesen *ad absurdum* zu führen.

4. Die „Biogenetische Evolutionsstrategie“ [7] berücksichtigt als Theorie ein wichtiges zusätzliches Element der Evolution, das bislang im Darwinismus und in den anderen Evolutionsstrategien, wie der I. Rechenbergs, [8] unberücksichtigt blieb. Das ist die Tatsache, dass die Biologie erstaunlicherweise nicht so vorgeht, wie es vernünftig erscheint, indem sie beispielsweise einen Menschen hervorbringt, diesen etwas lernen lässt, und wenn er sich in dieser Welt über Jahrzehnte als fit beziehungsweise lebensfähig erwiesen hat, mit seiner Erfahrung weiter vermehrt. Stattdessen lässt die Natur diese Menschen, sogar Genies, sterben, und fängt jedes Mal wieder bei der Befruchtung einer Eizelle durch ein Spermium neu an. So entstand aber biochemisch gespeichertes Wissen darüber, wie sich ein Lebewesen epigenetisch beziehungsweise kausal aufbaut, denn es muss in allen seinen Entwicklungsphasen lebensfähig sein.

Während die herkömmlichen Evolutionsstrategien auf den zwei einfachen Mechanismen

1. Versuch und Irrtum,
2. Vererbung von Eigenschaften,

beruhen, berücksichtigt die „Biogenetische Evolutionsstrategie“ einen wichtigen dritten Faktor der Evolution,

3. die genetische Speicherung aller wichtigen Entwicklungsschritte.

Besonders deutlich zeigt sich dies gegenüber der Evolutionsstrategie I. Rechenbergs, bei der beispielsweise eine schräg angeströmte linear ausgerichtete Gelenkplatte über zweihundert „Mutationen“ in ein „S-Schlag-Profil“ mit geringstem Strömungswiderstand bei optimalem Auftrieb umgewandelt wurde. Durch die Automatisierung von Versuch und Irrtum erreicht das System sein Optimum, allerdings ohne „Erinnerung“. Insofern gewinnt es noch kein Wissen. Nach der „Biogenetischen Evolutionsstrategie“ werden dagegen alle vorteilhaften Schritte genetisch fixiert, so dass die jeweils erreichte Optimierung von der Ausgangssituati-

on her komplett wiederholt werden kann, also vom befruchteten Ei bis zum adulten Individuum. Auf diese Weise gewinnt das System genetisch gespeichertes „Wissen“ im Sinne verknüpfter Information. Es lernt, im Beispiel der Gelenkplatte, sich die Gesetze der Aerodynamik systematisch anzueignen, weil sich jeder Optimierungsschritt aus dem vorhergehenden ergibt.

Die „Biogenetische Evolutionsstrategie“ erklärt,

- warum in Haeckels „Biogenetischem Grundgesetz“ sich die Phylogenie in der Ontogenie, also die Stammesentwicklung über Jahrmillionen in der Individualentwicklung des einzelnen Lebewesens in groben Zügen wiederholen muss. [9]
- warum beispielsweise ein Baum in seiner Genetik die Gesetze der Statik, der Rheologie, der Gravitation oder auch der Diffusion verankert hat, die er im Laufe von Jahrmillionen erlernte.
- warum in allen Lebewesen sogenannte interne kybernetische Modelle (Innere Modelle) ihrer Umwelt entstanden sind – bis hin zu den Gehirnen der höheren Tiere und Menschen.
- warum die belebte Welt oberflächlich betrachtet so wirkt, als wäre sie ein „*intelligent design*“. Sie ist ganz einfach die Emergenz der Naturgesetze, die unter anderem ein Molekül, wie die DNS hervorbrachten, die in der Lage ist, bei ausreichender Redundanz Informationen über Jahrmillionen zu archivieren, indem sie diese immer wieder redupliziert. Anders gesagt ist das Leben eine Konsequenz der Naturgesetze, aber inklusive der Stochastik von Versuch und Irrtum, für die immer wieder neues Leben und Sterben (wie eine Hypothesenbildung) gewagt werden muss.[10]

Was ist Leben? Leben ist durch drei untrennbare Eigenschaften definiert:

1. Reproduktion
2. Metabolismus
3. Irritabilität.

Insbesondere bei der Irritabilität kommt es darauf an, auf bestimmte Reize die richtigen überlebenswichtigen Reaktionen zu zeigen. Je höher die Intelligenz ist, um so komplexer sind die Reizreaktionen.

Bei den Lebewesen hat dieser Vorgang des Lernens im Laufe der Evolution zu einem Inneren Modell [11] geführt, das ihnen ohne Zweifel die Möglichkeit gibt, beispielsweise existenzbedrohende Gefahren wie den

Wintereinbruch, oder andere „Regelmäßigkeiten“ im Sinne Poppers, vorherzusehen. Diese Fähigkeit der Lebewesen, vorausschauend zu handeln, erhöht ihre Überlebenschancen und senkt die notwendige Zahl an Nachkommen.

[1] MacArthur, R.H. und Wilson, E.O.: The theory of island biogeography. University Press, Princeton, N.J. (1967). [2] Uexküll, J. v.: Kompositionslehre der Natur. Propyläen (1980). [3] Umstätter, Walther: Kann die Evolution in die Zukunft sehen? Die Umschau 81(17) S. 534-535 (1981). [4] Popper, K.R.: Alles Leben ist Problemlösen. S. 135, Piper Verl. München (1994). [5] Lorenz K. und Kreuzer F.: Leben ist Lernen. Verl. Piper, München (1981). [6] Wuketits, F.: "Evolution ohne Fortschritt. Alibri Verl. , Aschaffenburg (2009) [7] [www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/pub2001f/biuz04.pdf](http://www.ib.hu-berlin.de/~wumsta/infopub/pub2001f/biuz04.pdf). [8] Rechenberg, Ingo: Evolutionsstrategie. Stuttgart: Frommann. Problemata: 15. (1973). [9] Das „Biogenetische Grundgesetz“ von 1866 hatte vor Ernst Haeckel schon Fritz Müller (1864), ebenso Johann Friedrich Meckel (1821) und Etienne Serrès, ein Schüler von Geoffroy Saint Hilaire erkannt, und Ernst von Baer sah in dieser Parallele mehr eine Frage des Archetypischen. [10] Umstätter, Walther: Die Wissenschaftlichkeit im Darwinismus. Biologie heute 381 (11/90) S. 4-6 (1990). [11] Umstätter, Walther: Die evolutionsstrategische Entstehung von Wissen. Fortschritte in der Wissensorganisation Band 2 (FW-2), Hrsg. Deutsche Sektion der Internationalen Gesellschaft für Wissensorganisation e.V. S.1-11, Indeks Verlag (1992)

Autor: Prof. Dr. rer. nat. Walther Umstätter. Jahrgang 1941. Studium der Biologie. Promotion: Über die Differenzierung von Zellverbänden aus *Daucus carota* L. auf synthetischen Nährmedien. Assistent am Institut für Pflanzenphysiologie der Freien Universität Berlin. Aufbau der ersten Online-Literaturdokumentation an einer deutschen Universitätsbibliothek (Ulm). 1982-1994 Professor für Dokumentation, Online Retrieval und Bibliographie an der Fachhochschule für Bibliotheks- und Dokumentationswesen in Köln. 1994-2006 Institut für Bibliotheks- und Informationswissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin.

