

Unverkäufliche Leseprobe



Ulrich Frey, Johannes Frey
Fallstricke

Die häufigsten Denkfehler in Alltag und
Wissenschaft

240 Seiten, mit 20 Abbildungen, Paperback
ISBN: 978-3-406-59113-6

_____ Kapitel 1

Irren ist menschlich

Originaldokument
© Verlag C.H.Beck

Fehler aller Art unterlaufen uns immer wieder. In der Wissenschaft, im Alltag, heute, morgen, Ihnen genauso wie Ihrem Nachbarn, Ihrem Arzt oder einem Nobelpreisträger. In den Nachrichten wird von großen und kostspieligen, vor allem aber von dummen und vermeidbaren Fehlern berichtet. Da wurde ein Parkhaus mit Stellflächen für Wohnmobile errichtet – aber die Einfahrt ist zu niedrig. Da wurde 1999 eine Marssonde (der Mars Climate Orbiter) für 320 Millionen Dollar gebaut – aber leider rechnete das eine Softwaremodul mit dem metrischen, das andere mit dem angloamerikanischen Maßsystem, was dazu führte, dass die Umlaufbahn 170 Kilometer zu niedrig angesetzt war und die Sonde sang- und klanglos verglühte.

Da fragt man sich: Wie kann es sein, dass so viele schlaue Menschen so «dumme» Fehler machen? Fehler, die ganz unnötig sind und die viel Geld kosten. Genau solche Fehler sind das Thema dieses Buches. Denn Fehlerforschung ist ein faszinierendes Feld.

Fehler geschehen natürlich aus vielen Gründen, aber ein gewichtiger, bedeutender Teil davon geht auf das Konto von Denkfehlern. Denn so wie Ihr Auto die eine oder andere Macke hat, aber im Großen und Ganzen recht ordentlich fährt, so verhält es sich auch mit dem Denken. Im Prinzip funktioniert es prima, manchmal aber hakt es. Hierbei fällt auf, dass wir Menschen ganz bestimmten Problemen immer mit denselben (fehlerhaften) Lösungsstrategien begegnen. Um besser verständlich zu machen, was wir damit meinen, fangen wir mit einem eindrucksvollen Beispiel aus dem Alltag an.

Wir wollen zwar nicht hoffen, dass Sie krank sind, beginnen aber in einem Krankenhaus. Stellen Sie sich vor, Sie sitzen nach einer Reihe langwieriger Untersuchungen bei Ihrem behandelnden Arzt, der Ihnen eröffnet, dass Sie einen bösartigen Tumor in Ihrem Gehirn haben. Eine Behandlung ist unumgänglich, die Frage ist nur,

welche. Es gibt, das wissen Sie, im Prinzip zwei Möglichkeiten: Bestrahlung oder chirurgischer Eingriff. Der beratende Radiologe hat Ihrem Arzt sein Gutachten schon vorgelegt, und der rät nun zu einer Bestrahlung:

«Aber selbstverständlich kann ich Ihnen diese Therapie empfehlen. Das Gamma-Knife ist ein vollkommen neuartiges Verfahren, eine Entwicklung der modernsten Hightechwissenschaft. Es garantiert, dass acht von zehn Patienten überleben. Durch die Bestrahlung werden mehr als 90% der umgebenden Gehirnzellen erhalten und bleiben nahezu voll funktionstüchtig.

Im Gegensatz dazu ist der operative Eingriff ein eher veraltetes Mittel. Ihre Schädeldecke muss angebohrt und aufgesägt werden, die Narbe tragen Sie dann bis an Ihr Lebensende. Das Infektionsrisiko ist beträchtlich. Bei immerhin 6% der Patienten kommt es zu einer Entzündung im Operationsbereich. Und zu denen wollen Sie ja wohl nicht gehören. Die angeblich klinisch reine Umgebung ist leider ein Märchen. 6%! Würden Sie denn in Ihr Auto steigen, wenn Sie bei 100 Fahrten sechs Unfälle hätten? Sie verstehen, was ich meine, nicht wahr?

Der große Nachteil einer Operation ist außerdem, dass die Chirurgen Ihr Gewebe zur Seite schieben müssen, um überhaupt bis zum Tumor zu gelangen. Die Bestrahlung hingegen hat genau justierte Röntgenstrahlen, die den Tumor millimetergenau an der Stelle zerstrahlen, an der er auch sitzt.

Und das ist genau das, was Sie wollen. Es gibt eigentlich nichts, das dagegen spricht. Nun überlegen Sie sich das Ganze und besprechen es zu Hause. In einer Woche vereinbaren wir dann einen weiteren Termin.»

Das klingt eigentlich ganz überzeugend, denken Sie. Dennoch folgen Sie dem Rat des Arztes und bereden die Angelegenheit erst einmal mit Ihrer Familie. Eine Woche später hat auch der beratende Chirurg sein Gutachten vorgelegt. Darin steht:

«Ich muss dringend von einer Bestrahlungstherapie abraten. Das Verfahren ist kaum zwei Jahre alt und damit so gut wie nicht erprobt. Langzeitwirkungen sind noch nicht bekannt. Trotz neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse verläuft die Therapie bei zwei von zehn Patienten tödlich. Und wenn Sie nicht sterben, dann trägt Ihr Gehirn schwere Schäden davon: Knapp 10% der umliegenden Zellen sind nach der Bestrahlung abgestorben.

Die chirurgische Operation hingegen hat sich über die Jahre bewährt. Wir öffnen und schließen die Schädeldecke in klinisch reiner Umgebung. Das ist sehr sicher: 94 von 100 Patienten haben keinerlei Beschwerden. Man kann also sagen, das Risiko einer möglichen Infektion ist minimal.

Der große Vorteil ist, dass wir mit dem Messer viel präziser an die betroffene Stelle kommen. Wir können das Gewebe zur Seite schieben und das Messer genau dort ansetzen, wo der Tumor sitzt. Natürlich bleibt eine Narbe zurück. Das ist vielleicht nicht besonders hübsch, aber immer noch besser als die Verletzungen des Gewebes durch die Röntgenstrahlen. Die Kollegen von der Bestrahlung nennen das «abtöten», aber das Gamma-Knife zerstört auf seinem Weg zum Tumor knapp 10% der umliegenden Zellen. Und das ist nicht das, was Sie wollen.

Wir hingegen können das Gewebe herausnehmen, das ist viel besser. Denn wenn der Tumor erst einmal in unseren Händen ist, können wir ihn auch untersuchen. Das Präparat aus Hirngewebe gibt uns oft entscheidende Aufschlüsse über den Tumor selbst und eine eventuell weitere notwendige Behandlung. Das sind Informationen, die mit der Bestrahlung verloren gehen. Und das können wir uns nicht leisten.»

Da Sie offenbar einen etwas verwirrten Gesichtsausdruck machen, schiebt Ihr behandelnder Arzt nach: «Nun überlegen Sie sich das Ganze noch einmal!»

Und nun? Für welche Behandlung entscheiden Sie sich? Bestrahlung oder Operation? Und warum? Ohne dass wir eine der beiden Therapien unseres teilweise fiktiven Beispiels empfehlen wollen,

ist Ihnen bei den beiden Schilderungen sicherlich eines aufgefallen: Ein und derselbe Sachverhalt wird lediglich auf zwei verschiedene Arten dargestellt. «Knapp 10% zerstört» und «Über 90% bleiben erhalten» ist logisch gesehen das Gleiche. «9 von 10 überleben» oder «1 von 10 sterben» ist dasselbe, aber es klingt und wirkt doch ganz anders.

Und da es so anders klingt, lassen wir Menschen uns in unserer Entscheidung davon auch lenken.

Solche eigentlich verblüffend einfach zu durchschauenden Fehler beeinflussen jeden: Experten, Ärzte, die eine lange Ausbildung durchlaufen haben, Wissenschaftler aller Fachbereiche und natürlich auch Laien. Das wurde vielfach in Experimenten nachgewiesen.¹ Bei dem geschilderten Fall handelt es sich um ein Experiment, das nicht mit Patienten, sondern mit Ärzten durchgeführt wurde. Leider mit genau dem Resultat, dass auch sie den betreffenden Denkfehler zeigten. Die Ärzte empfehlen eine Therapie, bei der 8 von 10 überleben, und raten von ihr ab, wenn sie erfahren, dass 20% dabei sterben.² Und das ist ein Fehler. Ihre Empfehlung müsste bei beiden Formulierungen die Gleiche sein. Hören Sie also bei Ihrem nächsten Arztbesuch genau hin, und fragen Sie kritisch nach, denn «Halbgötter in Weiß» gibt es nicht!

Diese und andere Denkfallen und Denkfehler wollen wir in diesem Buch beschreiben. Es geht hier nicht um die Lichtblicke und Durchbrüche in Wissenschaft und Alltag, sondern um die Irrtümer und Sackgassen, die über eine eigene, faszinierende Strahlkraft verfügen. Irrtümer und Fehler lassen sich oftmals nicht allein auf die Zeitumstände zurückführen, sondern ebenso auf die Art und Weise, wie wir Menschen denken. Wir werden Ihnen Beispiele aus der Wissenschaft der vergangenen Jahrhunderte geben und an Situationen aus dem Alltag erklären, wie menschliches Denken funktioniert. Sie werden verstehen, wie man Fehler, die man immer wieder macht, schnell entdecken und vielleicht sogar vermeiden kann. Wir werden Ihnen zeigen, dass Genies und brillante Wissenschaftler manchmal die gleichen Fehler wie Sie selbst machen – weil sie auch Menschen sind.

Und Menschen verhalten sich nach bestimmten Mustern und denken in bestimmten Bahnen.

Dabei ist es egal, ob es sich um ein triviales Problem im Haushalt oder um eine komplexe wissenschaftliche Theorie handelt. Wenn Sie fünfmal hintereinander mit derselben Methode *erfolglos* versuchen, einen eingesaugten Stift aus dem Staubsauger zu entfernen (wir sprechen hier aus eigener Erfahrung), dann spricht das für ein Denkmuster, das aus irgendwelchen Gründen nicht funktioniert. Nicht viel anders verhält es sich aber bei der später von uns beschriebenen Neueinführung von Tierarten in bestehende Ökosysteme. Anstatt der ihr vom Menschen zugeordneten Beute sucht sich die hinzugekommene Tierart nämlich oft eine ganz andere aus. Wenn man nun zur Behebung des entstandenen Schadens nacheinander sage und schreibe zwölf weitere Arten mit der gleichen Zielsetzung und ähnlich verheerenden Folgen neu einführt, dann kann man durchaus von einem Muster fehlerhafter Lösungsversuche sprechen.

Wir zeigen diese Denkmuster, in die Menschen nahezu unrettbar immer wieder verfallen, anhand von Beispielen aus Ökologie, Physik, Psychologie und Medizin. Und wir geben Ihnen dabei die Gelegenheit, die entsprechenden psychologischen Tests, die die gefundenen Ergebnisse bestätigen, zum Teil selbst durchzuführen.

Weil wir Menschen Teil der Evolution sind, haben sich über die Jahrtausende bestimmte Denkvorgänge und -strukturen für unseren Alltag als die besten erwiesen. Wir werden Ihnen detailliert zeigen, warum das so ist und warum diese Strukturen in anderen Situationen versagen. In diesen Fällen sprechen wir von Fehlern, die weder peinlich noch verwunderlich sind. Denn es liegt auf der Hand, dass der Mensch heute in Labor und Büro nicht mehr jene körperlichen Fähigkeiten benötigt, die ihm in der Savanne von Vorteil waren, etwa besonders gute Fernsicht oder außergewöhnliche Ausdauer. Und auch wenn man in den Vorstandsetagen größerer Unternehmen noch immer gelegentlich ein Brüllen hört, so ist es doch nicht mehr das eines Löwen. Und nur an dessen Brüllen in der Savanne hat sich der Mensch evolutionär angepasst.

Das Gleiche gilt für unsere Denkmuster und -strukturen.

Zwischen den strengen methodischen Anforderungen heutiger Wissenschaft und denjenigen Mechanismen, die für ganz andere evolutive Ziele entstanden sind, gibt es Diskrepanzen, die beschrieben und erläutert werden. Unsere Darstellung liefert nicht nur eine Beschreibung, sondern auch eine Erklärung der Fehler und Verzerrungen. Dazu ordnen wir die Fehler in Familien ein, um die Muster, denen sie folgen, herauszustellen.

Wir sprechen von Fehlern, nicht von Irrtümern. Das hat seinen Grund: Irrtümer setzen Wahrheit voraus, Fehler hingegen verfehlen ein Ziel. Ich *irre* mich, wenn ich behaupte, die deutsche Fußballmannschaft sei 2008 Europameister geworden, denn Millionen Menschen können bezeugen, dass Spanien das Endspiel gewonnen hat. Es ist hingegen ein kognitiver Fehler, wenn ich die Gesamtzahl der Tore während der laufenden Bundesligasaison schätzen soll, diese Schätzung auf Basis der ersten beiden Spieltage vornehme und dann die tatsächliche Anzahl unterschätze. Das falsche Ergebnis kommt in diesem Fall durch ein gut untersuchtes Denkmuster zustande, das man Ankereffekt nennt. Ich verfehle das Ziel der Schätzung der richtigen Anzahl durch eine fehlerhafte Herangehensweise, begehe einen kognitiven Fehler.

Diese Unterscheidung ist wichtig, da der Fehler von heute der Fortschritt von morgen sein kann. Aus diesem Grund wählen wir nur Beispiele, die aus mehreren Gründen mit großer Sicherheit als Fehler gelten dürfen.

Dieses methodische Problem (Fehler oder Fortschritt?) lässt sich gut anhand des Beispiels der Mangelkrankheiten erklären, auf das wir später noch näher zu sprechen kommen werden: Hier können sich Wissenschaftler nicht nur auf vorhandene, moderne Theorien stützen, sondern auch auf chemische Strukturaufklärung, synthetische Herstellung von Vitaminen, einen molekularbiologischen Auflösungsgrad bis zur Molekülebene und Tausende kontrollierte Experimente zu anderen Mangelkrankheiten. All dies ergibt ein klares, seit siebzig Jahren unverändertes Bild. Es ist extrem unwahr-

scheinlich, dass diese sich gegenseitig stützenden Belege allesamt fehlerhaft sind.

Über solche Belege hinaus, die jeweils im konkreten Fall genannt werden, gibt es weitere, eindeutige Hinweise, die einen Fehler in der Wissenschaft als solchen unmissverständlich kennzeichnen: Widerrufe der Forscher selbst, Nachweise fehlerhafter Arbeit durch andere Forscher oder Nichtreproduzierbarkeit über sehr lange Zeit. Hinzu kommen Umstände, die auf Fehler hinweisen: unvollständige Dokumentation, mangelnde Neutralität oder Objektivität in der Berichterstattung, Zirkelschlüsse in der Argumentation, Verstoß gegen die innere und äußere Widerspruchsfreiheit in der Theorie, fehlende Prüfbarkeit oder fehlender Testerfolg.³ Wiederholbarkeit, Kontrollversuche, zufällig ausgewählte Stichproben und statistische Überprüfungen sind hier die wichtigsten Maßnahmen, um Fehler aufzufangen. Einige Disziplinen haben zusätzlich fachspezifische Methoden. Bekannt sind etwa Doppelblindversuche und Placebos in Psychologie, Biologie und Medizin.

Wir wollen an dieser Stelle auch darauf hinweisen, dass die Motivation der Wissenschaftler, ihre Begeisterung und ihr Engagement in diesem Zusammenhang nicht behandelt werden. Ein sehr starker Glaube an die eigene Theorie kann sich positiv auswirken (etwa wie bei Einstein oder Galilei), muss es aber nicht. Im schlimmsten Fall wird auf der eigenen Theorie beharrt, obwohl längst alles dagegen spricht. Aber auch das Gegenteil – überzogene methodische Strenge – kann kontraproduktiv wirken. Neue, kreative Methoden führen oft zu überraschenden Erfolgen.⁴

Uns geht es im Folgenden darum, wie wir Menschen Probleme lösen und welche Fehler und Schwächen wir dabei zeigen. Dazu müssen wir uns mit dem Denken selbst beschäftigen. Wir müssen verstehen, wie unsere kognitiven Fähigkeiten entstanden sind und wie sie sich entwickelt haben.

1 Die Evolution unseres Gehirns

Menschen unterliegen wie alle Lebewesen auf der Erde der Evolution. Das gilt nicht nur für unsere Finger, Nieren oder Augen, sondern ebenso für unser Gehirn und unsere Kognition. Wenn man schlecht sieht, kann man sich eine Brille kaufen – die Augen bleiben trotzdem kurzsichtig. Das ist beim Denken nicht anders; man kann Hilfsmittel wie etwa Statistik heranziehen, die grundsätzliche Intuition bleibt gleich. Wenn im Folgenden von Kognition die Rede ist, dann ist die Gesamtheit aus Wahrnehmung, Erkennen, Vorstellen, Wissen, Denken, Kommunikation und Handlungsplanung gemeint.

Evolution bedeutet vor allem Anpassung an bestimmte Anforderungen. Unser Denken hat sich über die Jahrtausende verschiedenen Anforderungen angepasst und löst viele Probleme einwandfrei. Anscheinend hat sich für uns Menschen gerade das Denken als evolutionärer Vorteil gegenüber anderen Arten erwiesen. Wir bevölkern diese Welt von Alaska bis Neuseeland nicht deshalb, weil wir unglaublich scharfe Zähne oder schnelle Beine haben, sondern weil unser Gehirn enorm leistungsstark und flexibel ist. Es liegt also nahe, dass sich in den Millionen Jahren unserer Evolution bestimmte Denkweisen als besonders geeignet erwiesen haben, wenn es darum ging, Probleme zu lösen.

Wird es jedoch vor Probleme gestellt, an die sich seine Strukturen und Mechanismen nicht angepasst haben, dann ergeht es dem Gehirn wie einem Birkenspanner, der aufgrund seiner weißen Grundfärbung mit schwarzer Zeichnung im Geäst einer Birke zwar besonders gut getarnt ist, aber sehr deutlich sichtbar wird, sobald er sich auf einer rußig-schwarzen Wand niederlässt. Die Tarnung (die Problemlösung) funktioniert dann nicht mehr. Ist dann noch ein hungriger Vogel in der Nähe, könnte es sein, dass dies der letzte Versuch des Schmetterlings war, ein Problem zu lösen. Problemlösungsmethoden wie Tarnung funktionieren immer nur in einem bestimmten Kontext, einer bestimmten Umwelt. Und manchmal benutzen wir unser Gehirn

eben zu Zwecken, für die es ursprünglich nicht gedacht und entwickelt war (z. B. Wissenschaft). So kann es zu Fehlern kommen.

So wie Finger, Nieren oder Augen hat sich auch unser Gehirn an seine Funktion angepasst. Da wir als Spezies Mensch eine weitaus längere Zeit in Steppen und Höhlen als an Schreibtisch und Computer verbracht haben, hat sich unser Denken vor allem an die Probleme unserer Jäger-und-Sammler-Vorfahren angepasst. Die meisten unserer Denkstrukturen haben wir der Savanne und nicht unserem heutigen Dasein zwischen Finanzamt und Reagenzglas zu verdanken.⁵

Etwa vier Millionen Jahren als Jäger und Sammler stehen gerade einmal etwa 400 Jahre moderner Wissenschaft gegenüber: Auf ein Jahr Neuzeit kommen etwa 10 000 Jahre Urzeit (Paläolithikum). Kein Wunder also, dass die Urzeit auch einen größeren Einfluss auf die Gestaltung unseres Denkens hat bzw. hatte.

In den besagten vier Millionen Jahren Urzeit hat sich evolutionär eher derjenige durchgesetzt, der eine unbekannte, aber giftige Pflanze als solche verlässlich erkennen konnte, als ein anderer, der Fliegenpilz und Fingerhut in den Salat mischte. Wer schneller als die anderen begriff, wie man schmackhafte Beeren fand, und geschickt Wild erlegte, hatte auch größere Überlebenschancen. Solche denkerischen Leistungen lassen sich indessen nur schwer nachweisen, da Archäologen bis heute keine «Denkknochen» gefunden haben. Die Zunahme kognitiver Fähigkeiten kann man aber etwa anhand komplexer werdender Kulturpraktiken (z. B. Grabbeigaben) näherungsweise rekonstruieren.

Das fünfteilige Wirbeltiergehirn ist immerhin schon etwa 400 Millionen Jahre alt. Bemerkenswert ist die Vergrößerung des menschlichen Gehirns. Im evolutionären Maßstab ist sie explosionsartig erfolgt. Innerhalb von nur ein bis zwei Millionen Jahren verdreifachte sich das Volumen von etwa 500 auf 1400 cm³. Dies führte dazu, dass sich der Mensch, sowohl was das absolute als auch was das relative Gewicht seines Gehirns anbelangt, im Verhältnis zum Körpergewicht in der Spitzengruppe der Tiere befindet. Der sogenannte Enzephalisationsquotient gibt das Verhältnis der tatsächlichen zur erwarteten

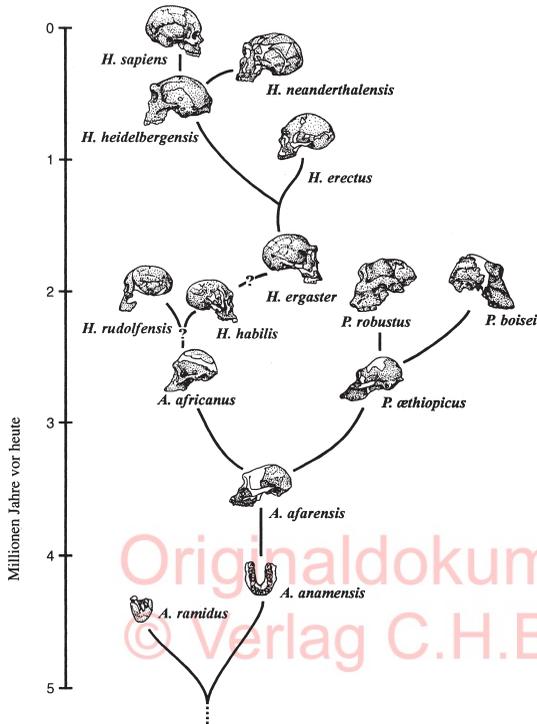


Abb. 1 Möglicher Stammbaum des Menschen

Gehirngröße eines Tieres an. Beim Menschen liegt er bei 7; d. h., das Gehirn ist siebenmal größer, als bei unserer Körpergröße zu erwarten wäre.⁶ Das ist umso bemerkenswerter, als innerhalb taxonomischer Klassen (also etwa bei allen Säugetieren) zumeist extrem stabile Gewicht-Gehirn-Verhältnisse über Zeiträume von bis zu 100 Millionen Jahren gewahrt bleiben.⁷

Die Gründe für die rasante Gehirnzunahme sind unklar, doch lassen Größenordnung und Geschwindigkeit des Gehirnumbaus zumindest vermuten, dass ein starker Selektionsdruck auf Größe

und Leistung des Gehirns vorhanden war: Vielleicht waren es gestiegene soziale Anforderungen in der Gruppe, die Notwendigkeit der Verständigung bei der Jagd oder der Werkzeuggebrauch, möglicherweise aber auch die sexuelle Auslese und andere Erfordernisse.

Der evolutive Ursprung und die spezielle Anpassung von Verhalten und Kognition lassen sich ebenso wie der Zusammenhang von körperlichen Merkmalen, Verhalten und Denken durchaus nachweisen. So ermöglicht die Entwicklung des aufrechten Gangs, die sich im Skeletttumbau zeigt, eine neue Art der Nahrungsbeschaffung: In Jäger-und-Sammler-Völkern ergänzt die unsichere, aber ertragreiche Jagd der Männer die sichere Nahrungsbeschaffung der Frauen, das Sammeln. Diese spezialisierten Verhaltensmuster haben Auswirkungen auf die dafür benötigten geistigen Leistungen: Männer sind im Allgemeinen besser in der räumlichen Orientierung und Navigation, Frauen verfügen über das bessere Ortsgedächtnis.⁸ Anders gesagt, andere Nahrungsquellen haben zu Unterschieden bei Frauen und Männern in ihren kognitiven Fähigkeiten geführt. Dieser Unterschied ist auch heute noch feststellbar: Jeder kennt die Witze über Frauen, die nicht einparken können und Landkarten drehen, um sich zu orientieren; und genauso sind Männer oft bass erstaunt, wie schnell Frauen in einem Kaufhaus feststellen können, wo sich welche Ware befindet. Erstaunlich, was ein paar Millionen Jahre Sammeln statt Jagen ausmachen!

An dieser Stelle wollen wir ein noch immer weit verbreitetes Missverständnis aufklären. Man geht heute nicht mehr davon aus, dass Merkmale und Eigenschaften entweder *vererbt* oder *erworben* sind. Ein Organismus erbt nicht einfach Einzelgene für bestimmte Fähigkeiten, sondern auch die Möglichkeit, diese auszubilden. Dies geschieht grundsätzlich nur in Wechselwirkung mit der jeweils sehr spezifischen Umwelt. Umwelt schließt hierbei Natur ebenso wie Kultur mit ein. Man kann also sagen, dass biologische Vorentscheidungen innerhalb vorgegebener Bahnen zu kulturellen Entscheidungen führen. Die Art und Weise, wie sich das jeweils ausdrägt, ist dann von

zufälligen lokalen Bedingungen abhängig.⁹ So ist *jeder Mensch* genetisch darauf vorbereitet, eine Sprache zu erlernen. Es hängt allerdings vom Ort seiner Geburt und seinen Eltern ab, ob diese Sprache nun Englisch, Deutsch oder Chinesisch ist.

Die für diese Zusammenhänge zuständigen Fachleute, Evolutionäre Psychologen, vertreten deshalb in der Regel keine einseitige Position, die nur die vererbten Eigenschaften in Betracht zieht. Im Gegenteil: Wenn man den Zusammenhang von Evolution und Denkfähigkeiten untersucht, berücksichtigt man immer die Tatsache, dass sich vererbte Anlagen erst in ihrer Umwelt entfalten. Der Gegensatz Gene – Umwelt ist also – in dieser Weise formuliert – unbrauchbar.

Trotz der vielfältigen Wechselwirkungen ist jedoch ein beachtlicher Teil unseres Verhaltens und Denkens vererbt: Neben der Erforschung von Erbkrankheiten mit Einfluss auf die Kognition bestätigt dies vor allem die Zwillingsforschung. Sie kennen die Beispiele von Zwillingen, die beide eine Katze mit Namen Agnes und eine unerklärliche Vorliebe für blaue Socken mit Teddybär-Motiven haben, *obwohl* sie getrennt voneinander aufgewachsen sind. Andere Details unterstützen diese Befunde, die gleichwohl mit Vorsicht zu genießen sind. Sehr klar hingegen ist die Beobachtung, dass Zwillinge oft auch in etwa gleich intelligent sind.¹⁰

Begreift man Denken als ein Produkt unseres Gehirns, das seinerseits der Evolution unterliegt, dann lassen sich eine Passung und ein enger Zusammenhang von Denken und Welt postulieren: «Unser Erkenntnisapparat ist ein Ergebnis der Evolution», schreibt der Philosoph Gerhard Vollmer, Autor einer hervorragenden Einführung in die «Evolutionäre Erkenntnistheorie». Und weiter: «Die subjektiven Erkenntnisstrukturen passen auf die Welt, weil sie sich im Laufe der Evolution in Anpassung an diese reale Welt herausgebildet haben. Und sie stimmen mit den realen Strukturen (teilweise) überein, weil nur eine solche Übereinstimmung das Überleben ermöglichte.»¹¹

Eine grundlegende Eigenart der Evolution ist es, nie abgeschlossen zu sein und kein definiertes Ziel zu haben. Jede Anpassung ist ein dynamischer Prozess, weil sich auch die Umwelt stets verändert. So

kann das, was in der Vergangenheit nützlich war, in der Gegenwart sinnlos sein. Wenn Sie etwa eine «Gänsehaut» kriegen, dann versucht Ihr Körper, ein nicht mehr vorhandenes Fell zu sträuben. Ein zweites Beispiel ist unser Heißhunger auf fette oder süße Nahrung, die in der Savanne ebenso selten wie wertvoll war. Was früher eine optimale Anpassung darstellte – also so viel davon zu essen wie nur möglich –, hat heute durch das vollständig andere Nahrungsangebot im wahren Sinne des Wortes schwerwiegende und negative Konsequenzen wie Übergewicht oder erhöhtes Herzinfarktisiko.

Darüber hinaus gibt es Anpassungen, die noch nicht optimiert sind. So ist der aufrechte Gang nach all der Zeit im Wasser und auf den Bäumen so etwas wie der letzte Schrei der Evolution und dementsprechend noch unausgereift mit seinen gerade einmal etwa 4,5 Millionen Jahren. Ihm verdanken wir (noch) Rückenschmerzen, Knieprobleme, Schwierigkeiten bei der Geburt oder Kreislaufprobleme.

Auch viele unserer fundamentalen Denkfehler lassen sich aus allgemeinen Prinzipien der Evolutionstheorie ableiten. So gibt es etwa eine *absichtlich* verzerrte Wahrnehmung. Sie hat sich herausgebildet, weil manchmal eben auch ein falsches Abbild der Welt von Vorteil sein kann. Das klingt überraschend und unlogisch. Sie werden aber gleich verstehen, warum das so ist.

Der richtige Umgang mit Gefahren war und ist für das Überleben von elementarer Bedeutung. Am besten fährt man, wenn man Gefahren vermeidet. Aus diesem Grund sind Phobien entstanden. Menschen haben Angst vor Spinnen, Schlangen, tiefen Abgründen, freien Plätzen oder allzu engen Orten (keine Möglichkeit zur Flucht oder zum Verstecken). Der Überlebenszweck von Phobien ist sofort einsichtig. Interessant ist jedoch, dass sie die Welt falsch abbilden; denn nicht jede Spinne, vor der wir zurückschrecken, ist giftig. Die Phobie löst also öfter Alarm aus, als tatsächlich Gefahr droht.

Warum das so ist? Weil die Evolution dem Menschen eine unangenehme Frage stellt: «Aber was, wenn doch? Was, wenn die Spinne doch giftig ist?» Die Kosten von Fehlalarmen, also von Gefahren, die

keine sind, sind minimal. Übersehene Gefahren hingegen können den Tod bedeuten. Es gilt: «Better safe than sorry.» Lieber zwanzigmal vor einer Blindschleiche davonlaufen, als einmal von einer Kreuzotter gebissen werden. Dass Frauen von Männern, die zwanzigmal vor einer Blindschleiche davonlaufen, nicht besonders beeindruckt sind, steht auf einem anderen Blatt der Evolution.

Die betreffenden Ängste besitzen erwiesenermaßen eine genetische Grundlage. Das lässt sich daraus ersehen, dass es relativ leicht ist, bei ansonsten verhältnismäßig angstfreien Personen Angst vor jeder Art von Spinnen oder Schlangen hervorzurufen. Für moderne Gefahren wie Autos oder Elektrizität ist das hingegen unmöglich.¹²

Eine andere, genauso verzerrte Wahrnehmung ist ebenfalls unmittelbar plausibel. In Studien findet man, dass Männer – bei einem neutralen Versuchsaufbau – im Verhalten von Frauen mehr sexuelle Intention sehen, als tatsächlich vorhanden ist.¹³ Die evolutionäre Erklärung dafür liegt auf der Hand: Männer fragen besser zwanzigmal zu oft als einmal zu wenig. Natürlich könnte es – aus Sicht vieler Frauen – sein, dass sie das Fragen besser gelassen hätten.

Unter Fehler wollen wir also unerwünschte Effekte (z. B. Nebenwirkungen, überholte Nützlichkeit) oder Beschränkungen einer vorteilhaften Anpassung verstehen. Funktion und Zweck der vorteilhaften Anpassung müssen dabei erkennbar sein. Um solche Fehler und ihre Quellen zu entdecken, sind folgende Punkte besonders wichtig:

- Die vorteilhafte Hauptfunktion eines solchen Verhaltensmusters weist eine dazu passende Struktur auf. Optimierungen zielen auf die Hauptfunktion.
- Wenn die Funktion einer Anpassung im Labor getestet wird, dann ist die Testleistung umso besser, je ähnlicher die Testumgebung der realen Welt ist. Das bezeichnet man als ökologische Validität.
- Zwischen verschiedenen Verhaltensmustern kann es zu Zielkonflikten und Kompromissen kommen. Sich widersprechende Anforderungen (z. B. Schnelligkeit und Gründlichkeit) müssen gleichzeitig erfüllt werden.

- Aus Gründen der Ökonomie (z. B. Kapazität) erwarten wir im Denken Heuristiken (Faustregeln) anstelle von Algorithmen (also Verfahren, die garantiert zur richtigen Lösung führen).

Worauf wir hinauswollen, ist Folgendes: Die kognitiven Fehler haben eine Funktion, die aus Sicht der Evolution durchaus sinnvoll ist. Und diesen Sinn wollen wir ergründen. Mit dem amerikanischen Evolutionsbiologen George C. Williams sind wir der Meinung, dass es unserem Verständnis von der Funktionsweise des menschlichen Gehirns sicherlich helfen würde, wenn wir den *Zweck* wüssten, für den es in den langen Jahren der Evolution konstruiert wurde.¹⁴ Einige wichtige Fakten zur Entwicklung unseres Denkens in der Menschheitsgeschichte haben wir gerade kennen gelernt. Komplementär dazu ist es wichtig, die Entwicklung des Denkens bei Kindern zu verstehen.

2 Wie Kinder denken

Die geistige Entwicklung von Kindern vom ersten Schritt und ersten Wort bis hin zu ihren Versuchen, selbst Wissenschaftler zu spielen, ist ein faszinierendes Feld. Für Eltern ist das oft jahrelang der beherrschende Gesprächsstoff, was bei kinderlosen Freunden allerdings genauso oft gähnende Langeweile hervorruft. Die kindliche Entwicklung führt uns zu den Wurzeln vieler Denkmuster. Kinder zeigen uns, wie Erwachsene denken, und sie zeigen uns auch unsere Fehler.

Untersuchungen mit Kindern zeigen etwa, dass einige Gesetze der Physik von allen Kindern intuitiv beherrscht werden.¹⁵ Zu unserem Leidwesen sind Physiklehrer nicht an intuitivem Verständnis, sondern an Formeln und korrekten Berechnungen interessiert. Dennoch legt diese Beobachtung nahe, dass intuitive Physik angeboren ist. Unter intuitiver Physik versteht man bestimmte Erwartungen an die Welt: Objekte verschwinden nicht, Gegenstände fallen, und Flugbahnen sind kontinuierlich.

Das kindliche Verständnis stimmt größtenteils mit den intuitiven Erwartungen der Erwachsenen überein. Fast alles, was wir im Laufe des Lebens lernen, stützt sich auf diese Grundintuitionen. Und das gilt auch für Mathematiklehrer, denn auch diese können innerhalb der halben Sekunde, in der sie einen Ball fangen und in der sich ihre Hand in wunderbarer Weise an die richtige Stelle bewegt, unmöglich die Flugbahn berechnen. Diese Kalkulationen erfolgen also unbesusst.

Diese und ähnliche Untersuchungen sowie die erhebliche motorische Intelligenz schon sehr junger Kinder lassen nur den Schluss zu, dass Menschen mit einem sehr guten physikalischen Verständnis bezüglich des «Rahmens» bzw. der Basisgrößen unserer Welt geboren werden. Kinder können die Bewegungen von Objekten und die wirkenden Kräfte in der Praxis richtig einschätzen. Rollt ein Ball von einem Tisch herunter, erwarten ihn Kinder auf seiner Parabelbahn an der richtigen Stelle und können ihn leicht fangen.

Werden sie aber unmittelbar darauf gebeten, die Ballbahn zu beschreiben oder zu zeichnen, schildern sie dem realen Vorgang eklatant widersprechende (gerade) Fallbahnen. Die Kinder lassen sich nicht belehren und sind bass erstaunt, wenn ihnen die richtige Lösung vorgeführt wird. Überrascht denken viele, der Versuchsleiter habe gemogelt – und das, obwohl sie den Ball ja eben noch gefangen haben! Die Lernresistenz ist dabei enorm, die gleichen Fehler werden erstaunlich oft wiederholt. Selbst bei mehrmaligem Vorführen wird der Vorgang immer noch falsch gezeichnet oder eine Ausrede für die Parabelbahn des Wurfobjekts gesucht.¹⁶ Diese Ergebnisse lassen auf die Erblichkeit der naiven Physikvorstellungen schließen. Übrigens, auch jeder dritte Erwachsene schätzt die Wurfbahn von Objekten aus bewegten Objekten (etwa einem Zug) heraus falsch ein. Selbst bei statischer Versuchsanordnung haben viele Probleme. Was würden Sie sagen?

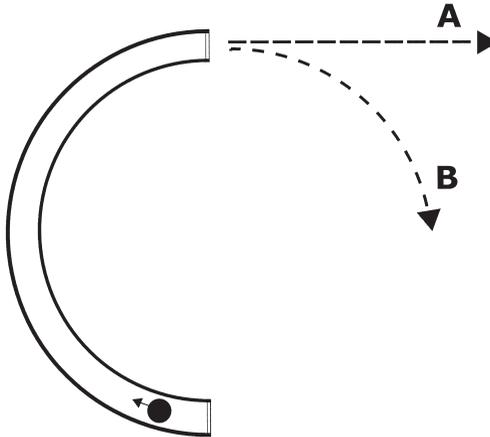


Abb. 2 Ein Ball rollt durch das C-förmige Rohr. Welche Bahn wird er nach Austritt nehmen, A oder B?

Die richtige Antwort lautet: Der Ball nimmt Bahn A.

Eine ähnliche Beobachtung zur Vererbung von Wissen gilt für das Kausalitätsverständnis, das ebenfalls angeboren ist und auch bei Schimpansen nachgewiesen wurde. Gleiche oder ähnliche Verhaltensmuster deuten auf einen erblichen Hintergrund hin. Das menschliche Kausalitätsverständnis beinhaltet vier prinzipielle Regeln.

1. Die Ursache tritt vor der Wirkung auf.
2. Ursache und Wirkung treten regelmäßig gemeinsam auf.
3. Ursache und Wirkung treten in zeitlich-räumlicher Nähe auf.
4. Ursache und Wirkung sind sich ähnlich.¹⁷

Bei Kindern zeigt sich das Verständnis von Kausalität schon früh (etwa mit sechs Monaten) und stellt eine dominante Strategie des Wissenserwerbs und der Orientierung in der Welt dar. Wir alle kennen das nie enden wollende «Warum?» kleiner Kinder, das in der Entwicklung etwas später auftritt.

Wir halten fest: Der Mensch kommt mit vielen angeborenen Fähigkeiten auf die Welt. Die hohe Entwicklungsgeschwindigkeit lässt darauf schließen, dass die angeborenen Strukturen als Wegweiser dienen und Begrenzungen für das Lernen vorgeben. Entscheidend für die Leistungen der Kinder sind vor allem vertrauter Kontext und Anschaulichkeit. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen entwickeln sich im Laufe der Kindheit aus einfachen Grundstrukturen. Problemlösen und logisches Denken beginnen mit konkreten, einfachen und vertrauten Objekten; Anzahl, Komplexität und Abstraktionsgrad erhöhen sich erst mit der Zeit. Dabei zeigt sich ein fundamentaler Unterschied zwischen Motorik und Kognition. Rückstände im motorischen Lernen (etwa bei Hopi-Kindern, die monatelang angeschnallt, oder äthiopischen Kindern, die lange Zeit eingeschnürt werden) werden in kurzer Zeit aufgeholt. Dagegen gibt es etwa für die Sprachentwicklung entscheidende sensitive Phasen. Wird in diesen Phasen der Lerninhalt nicht erworben, gestaltet sich das spätere Lernen besonders schwierig oder gar unmöglich.

Die bisher besprochenen Fähigkeiten betreffen Altersstufen, in denen Kindern das wissenschaftliche Denken noch abgesprochen wird. Bis zum elften Lebensjahr sind sie definitiv keine «kleinen Wissenschaftler», sie begehen zu viele *Fehler*. Das Ergebnis vieler Studien lautet: Bevor Kinder Hypothesen systematisch testen können, zeigen sich vor allem drei Phänomene: (1) Die Kinder ignorieren Gegenbeweise fast vollständig; (2) sie verlassen sich fast ausschließlich auf Bestätigungen (positive Tests), während sie Falsifikationsversuche (negative Tests) kaum durchführen, und (3) sie geben alte und falsche Hypothesen nur äußerst ungern auf. Zusätzlich schließen sie häufig von nur einem Fall auf die Gesamtheit, und zeitlich nah auftretende Phänomene werden kausal interpretiert.¹⁸ Auf dieselben Fehler werden wir bei Erwachsenen und Wissenschaftlern in bestimmten Fällen in unveränderter Form treffen.

Die besagten Fehler sind in den folgenden Kapiteln 2 bis 5 des Buches in Fehlerfamilien zusammengestellt. In jedem Kapitel werden die Fehler zunächst beschrieben und die experimentellen Belege da-

für genannt, bevor jeweils ein oder mehrere Fallbeispiele aus der Wissenschaft demonstrieren, wie sich solche Fehler in der Realität zeigen. Kapitel 6 schließt das Buch mit einem Fazit ab. Hier werden wir auch Hinweise darauf geben, wie man die besprochenen Fehler vermeiden kann.

[...]