

Karl R. Popper  
**Eine Neuinterpretation des Darwinismus**  
Die erste Medawar-Vorlesung 1986<sup>1</sup>

---

Herr Präsident, Lady Medawar, Sir Peter, meine Damen und Herren,

ich bin sehr dankbar, dass ich bei diesem wundervollen Anlass die Gelegenheit habe, meinen lieben Freund Sir Peter Medawar<sup>2</sup> zu ehren, wenn auch nur dadurch, dass ich Ihnen einen Vortrag über ein Thema halte, von dem Sie alle so viel mehr wissen als ich.

Peter und ich begegneten uns erstmals vor genau vierzig Jahren, im Frühjahr 1946, in Joseph Henry Woodgers<sup>3</sup> Theoretical Biology Club<sup>4</sup>. Ich weiß nicht, wann dieser Club gegründet wurde<sup>5</sup>, aber ich erinnere mich gut daran, dass ich bei einigen seiner ersten Treffen in den Jahren 1935 oder 1936, also vor fünfzig Jahren, in Woodgers Haus in Epsom Downs dabei war<sup>6</sup>. Eine große Konferenz in einer Windmühle in Hunstanton<sup>7</sup> ist mir ganz besonders in Erinnerung geblieben. Sie ging über mehrere Tage, und es nahmen einige große Biologen teil<sup>8</sup>. Soweit ich mich erinnern kann, waren bei den späteren Konferenzen 1946 nur wenige anwesend. Natürlich waren Woodger, Floyd<sup>9</sup> und ich dabei. Bei den späteren Konferenzen in London und in Oxford tauchten dann einige ganz hervorragende junge Männer auf. Unter diesen jungen Leuten war Peter mit seiner Größe von einem Meter sechsundneunzig für mich sowohl im wörtlichen als auch im übertragenen Sinn der Herausragendste.

So also lernten wir uns kennen. Nach und nach wurden wir immer bessere Freunde,

und im Laufe der Zeit wurde mir klar, was für eine Persönlichkeit Peter war und welche außerordentlichen, bewundernswerten Eigenschaften er hatte. Viele seiner Mitarbeiter dürften hier anwesend sein, und sie wissen viel besser als ich, was er als kreativer Experimentator geleistet hat und wie er sich auf seinen Versuchswegen bei jeder Kursänderung, ja, bei jedem Schritt, den er machte, von einem Geist leiten ließ, der von Ideen nur so übersprudelte, von neuen Hypothesen und neuen Theorien, die er zu produzieren pflegte, wenn es unerwartete Schwierigkeiten gab, wenn sich also irgendwelche Erwartungen nicht erfüllten.

Peter erzählt in seiner wunderschönen Autobiographie<sup>10</sup>, wie er Fehler machte und wie er aus ihnen lernte. Und er erzählt uns, wie die Widerlegung einer Theorie, die er damals völlig überzeugend fand, zur Theorie der erworbenen immunologischen Toleranz<sup>11</sup> führte, von der in der offiziellen Bekanntmachung von Peters Nobelpreis<sup>12</sup> die Rede ist.

Das, was er erzählt, ist übrigens für viele Entdeckungen ziemlich charakteristisch. Der bedeutendste Fall in der Geschichte der Wissenschaften, vermute ich, war Keplers kritische Erkenntnis, dass in Tycho Brahes Beobachtungen der Mars etwa acht Winkelminuten außerhalb der erwarteten Kreisbahn lag. Das war die entscheidende Widerlegung, die Kepler zu seinen drei Gesetzen und Newton zu seiner Gravitationstheorie führte.

Peters kritische und kreative Fähigkeiten beschränken sich keinesfalls nur auf seine wissenschaftliche Arbeit. Diese beiden besonderen Begabungen finden wir auch in seinem schriftstellerischen und essayistischen Werk. In seinen Essays fallen seine kritischen Fähigkeiten sofort auf. Nicht so offensichtlich sind jedoch seine vielen neuen Ideen, deren Tragweite hinter einer Leichtigkeit des Stils verborgen bleibt, die unübertroffen ist. Der Leser wird durch die scheinbare Selbstverständlichkeit der Argumente so eingenommen und vor allem dadurch, dass sie so unterhaltsam vorgebracht werden, so abgelenkt, dass er, glaube ich, die Tiefe von Peters Gedanken fast nicht mitbekommt. Ich spiele hier auf Themen an wie beispielsweise den Intelligenzquotienten, den die Leser dank Peters durchschlagender Kritik vernichtet sehen, egal welchen IQ sie selber haben [Lachen].

Peters Schreibweise in diesen kritischen Essays täuscht ganz raffiniert. Seine wunderschönen Ideen führen ein bezauberndes Ballett auf: einen Tanz der Ideen, der aber immer auf dem Boden des gesunden Menschenverstandes bleibt. Und wie beim Ballett steht dahinter eiserne Disziplin. Doch bei Peter beruht die Disziplin hinter dem Spaß nicht auf der Willkür eines Ballettmeisters, sondern auf den ganz und gar objektiven Gesetzen der Logik, die hier nicht der Beweisführung dienen, sondern der Kritik.

Natürlich kann ich mich irren, aber ich vermute, dass Peter sein Talent als Literaturkritiker entdeckte, als er für eine ernsthafte philosophische Zeitschrift seine köstliche Rezension über Teilhard de Chardin schrieb.<sup>13</sup> Ich habe den Verdacht, dass die ausgezeichnete Idee, Peter für

diese Rezension zu gewinnen, wohl die einzige Idee von nachhaltiger Bedeutung gewesen sein könnte, die der nahezu allmächtige Herausgeber dieser philosophischen Zeitschrift jemals hatte [Lachen]. Ich sage ›von nachhaltiger Bedeutung‹, denn in ferner Zukunft, wenn man die heutzutage vergessene Kunst des Lesens und die Freude an gutem Schreiben wiederentdeckt haben wird, dann werden Peters kritische Essays bestimmt eine Hauptrolle in dem Oxford-Band ›Englische Essays des 20. Jahrhunderts‹ spielen, der dann herauskommen wird.

Ich würde gerne noch viel mehr über Peter sagen, aber ich darf jetzt nicht noch länger in dieser Weise fortfahren, denn ich war so verwegen, als Thema meines Vortrages eine neue Interpretation des Darwinismus anzukündigen. Das tat ich in der Hoffnung, einen großen Biologen dadurch ehren zu können, dass ich ein paar Spekulationen über ein biologisches Thema vortrage. Und dieses Thema braucht Zeit. Peter war meinen Ideen zur Evolution gegenüber oft sehr kritisch, aber er zeigte immer jene Nachsicht mit dem Amateur, die dem Fachmann oft so schwerfällt. Ich will damit sagen, dass er immer bereit war, geduldig und sogar interessiert zuzuhören. Das nenne ich eine große Leistung, denn wie kann jemand, der alle Antworten weiß, einem Nichtfachmann auf dem Gebiet mit einem gewissen Interesse zuhören? Wer alle Antworten kennt, wird unfähig dazu, er kann einfach nicht mehr zuhören. Ich weiß das, weil ich selber an diesem Unvermögen leide, das nur wenige meiner Leidensgenossen eingestehen, nicht einmal sich selbst. Und in meinem Fall wird das geistige Unvermögen durch eine starke physische Schwerhörigkeit noch verschlim-

mert. Deshalb weiß ich, wie viel ich Ihnen abverlange, wenn ich Sie bitte, es zu versuchen und so nachsichtig zu sein wie Peter und mir meine Einmischung in ein Gebiet zu verzeihen, auf dem die meisten von Ihnen so viel mehr wissen als ich. Bitte leihen Sie mir Ihr Ohr; schwerhörig wie ich bin, habe ich das nur allzu nötig.

Da einige von Ihnen über diese dringende Bitte verwundert sein könnten, sollte ich vielleicht erwähnen, dass ich von einigen Biologen und Geologen viel zu erleiden hatte. Sie unterstellten mir Ansichten, die so dumm waren, dass sich mir die Haare sträubten [Lachen]. Nach einiger Überlegung konnte ich mir das nur durch die historische Hypothese erklären, dass ihre Informationsquelle nicht meine Bücher gewesen sein können, sondern, da Lesen ja nicht mehr in Mode ist, einige meiner Philosophiekollegen. Denn jene Biologen glaubten, ich lehnte die Evolutionstheorie ab, was ich natürlich nie getan habe.

Sie glaubten, ich lehnte sie ab, weil sie eine historische Hypothese ist, was ich ja tatsächlich denke, und dass ich alle historischen Behauptungen als unwissenschaftlich ablehne. Das ist eine Ansicht, auf die ich natürlich nie gekommen wäre, da ich ein ›Amateur‹ bin, also ein ›Liebhaber‹, ein Liebhaber nicht nur von Biologie und Physik, sondern auch von Geschichte, zu der ich sogar hier und da einige kleine Beiträge geleistet habe. Und nachdem ich auf dies alles hingewiesen hatte, meinte ein berühmter Geologe in einem ansonsten ausgezeichneten Buch, dass ich meine Meinung nun vielleicht geändert hätte, dass man aber meiner Behauptung, solche dummen Ansichten *nie* gehabt zu haben, doch nicht so ganz trauen könne.

Deshalb möchte ich meinen Vortrag heute mit der Erklärung beginnen, dass ich das, was ich die Evolutionstheorie nenne, nicht diskutieren werde; und zwar aus dem einfachen Grund, weil ich sie als erwiesen betrachte, und das schon seit meinem zwölften Lebensjahr. Unter Evolutionstheorie verstehe ich die historische Hypothese, dass das Leben auf unserem Planeten Erde aus ziemlich einfachen Anfängen hervorgegangen ist und sich in vielen Millionen Jahren zu dem entwickelt hat, was wir heute kennen. All das ist für mich selbstverständlich. Für ebenso selbstverständlich halte ich die nicht-historische, aber erklärende Theorie der modernen Genetik. Sie liefert dem Darwinismus die Theorie, die er voraussetzt, nämlich eine erklärende Vererbungstheorie, die auch fehlerhafte Vererbung und Variabilität erklärt. Daher werden sich meine Erörterungen heute auf den Darwinismus beschränken, das heißt auf die wunderbare, erklärende Theorie von Darwin und Wallace, derzufolge zunehmende Differenzierung durch zunehmende Anpassung zustande kommt. Das ist die so genannte Theorie der natürlichen Auslese. Ich formuliere diese Theorie mit Hilfe der folgenden kurzen Aussage:

*Organismen, die besser angepasst sind als andere, haben größere Chancen, Nachkommen zu hinterlassen.*

Diese kurze Aussage akzeptiere ich völlig. Da ich behaupte, dass sie die Theorie enthält, die heute ›Darwinismus‹ oder ›natürliche Auslese‹ genannt wird, nehme ich für mich in Anspruch, Darwinist zu sein. Ich behaupte nicht nur, dass der hier formulierte Darwinismus wahr ist, sondern auch, dass er in der Lage ist, gemeinsam

mit der modernen Genetik und einigen weiteren Hypothesen die Evolution zunehmender Differenzierung und zunehmend verfeinerter Anpassung zu erklären.

Ich komme nun wirklich zu meinem Problem. Hier ist Punkt (1) meines Vortrages: eine Erklärung meines Problems und eine Zusammenfassung der vorgeschlagenen Problemlösung. Was ist also mein Problem? Mein Problem ist genau dasselbe, das schon meine Vorläufer wie etwa James Baldwin<sup>14</sup> hatten, die spürten, dass die Aktivitäten, Eigenarten und Vorlieben individueller Organismen in der Geschichte der Evolution eine viel wichtigere Rolle gespielt haben, als von den Darwinisten im Allgemeinen zugegeben wird. Die Darwinisten wollen sogar darauf hinaus, dem, was sie ›natürliche Auslese‹ nennen, schöpferische Kräfte zuzusprechen. Dabei vergessen sie, dass ›natürliche Auslese‹ nicht mehr ist als eine sehr anschauliche und sehr nützliche Metapher.

Einige hervorragende Darwinisten glauben sogar, dass die Evolution durch nur zwei Dinge völlig erklärt werden könne: (1) die Variabilität des Genoms, die offensichtlich als eine Sache des Zufalls ganz unabhängig von den Aktivitäten und Vorlieben des Organismus ist, und (2) die physikalische Umwelt, wobei ›physikalisch‹ natürlich die physikalische Anwesenheit anderer Organismen einschließen kann.

Das ist die Theorie, die ich ›passiven Darwinismus‹ nenne. Natürlich ist es wahr, dass die individuellen Organismen keinen Einfluss auf die Beschaffenheit ihres Genoms haben, und natürlich ist es wahr, dass die physikalische Umgebung eine wichtige Rolle spielt. All das sei zugegeben.

Doch ich werde versuchen, die Sichtweise des passiven Darwinismus völlig umzukehren. Ich werde zu zeigen versuchen, dass die Behauptung des passiven Darwinismus, nämlich dass die beiden oben genannten Punkte die einzigen ursächlichen Faktoren der Evolution zusammenfassen, nicht nur unwahr ist, sondern auch ganz und gar irreführend. Und dann will ich die Behauptung aufstellen, dass das einzige kreative Element in der Evolution die Aktivität der lebenden Organismen ist. Damit diese Behauptung sofort verstanden werden kann, werde ich den Prozess, so wie ich ihn sehe, kurz skizzieren.

Ich behaupte, dass die Organismen von Anfang an auf ihre Umgebung eingestellt sein mussten, und dass zu dieser Einstellung oder Anpassung das Vermögen gehörte zu handeln, das Vermögen zu Aktivitäten wie beispielsweise den Versuch-und-Irrtum-Bewegungen. Das ist vergleichbar mit dem, was wir anthropomorphisch ausgedrückt ›aktiv nach Nahrung suchen‹ nennen. Bewegung, wie klein sie auch immer sein mag, schließt die Suche nach besseren Bedingungen, nach einer besseren Umwelt ein. Damit behaupte ich, dass Organismen von Anfang an aktiv nach einer besseren Umgebung suchen, nach einer Umgebung mit besseren Lebensbedingungen. Es ist natürlich klar, dass diese Suche nicht immer erfolgreich war. Ein wesentlicher Aspekt aller Versuch-und-Irrtum-Bewegungen ist, dass Fehler gemacht und beseitigt werden.

Ich behaupte, dass die Metapher ›natürliche Auslese‹ ganz unmetaphorisch in eine Theorie der Fehlerbeseitigung übersetzt werden kann. Folglich behaupte ich, dass die ›Natur‹ in Anführungsstrichen oder die

Umwelt völlig passiv ist. Und ich behauptete weiter, dass die einzige Aktivität in dieser uns bekannten Welt die Aktivität von Organismen ist, die nach besseren Bedingungen suchen, nach einer besseren Welt. Sie suchen aktiv danach, nicht nur durch aktive Versuch-und-Irrtum-Bewegungen, sondern manchmal auch, indem sie ihre eigene physikalische Umwelt, ihre Nische, verändern, zum Beispiel dadurch, dass sie ein Nest bauen, was manche Fische und viele Vögel tun, oder indem sie ihre Umwelt zerstören und dadurch vielleicht sich selbst. Das beschreiben wir dann wieder als Ergebnis der ›natürlichen Auslese‹.

Wenn man den passiven Darwinismus dem aktiven Darwinismus gegenüberstellt, erweist der erstere sich meiner Ansicht nach als eine falsche Interpretation des Anpassungsprozesses. Ich behauptete, dass Anpassung im Wesentlichen ein Lernprozess durch Versuch und Irrtum ist, der sich über mehrere Generationen hinzieht.

Ich behauptete ferner, dass der passive Darwinismus das Opfer bestimmter pessimistischer Ideologien ist. Die bedeutendste dieser irreführenden Ideologien ist der Determinismus. Thomas Henry Huxley<sup>15</sup> war Determinist, und er wusste, dass der Determinismus eher eine metaphysische als eine wissenschaftliche Doktrin ist, oder, in anderen Worten, eine Ideologie. Solange die Biologie vom Determinismus beherrscht wird, was zum Beispiel in der so genannten Soziobiologie der Fall ist, solange führt meine Unterscheidung zwischen aktivem und passivem Darwinismus zu nichts und wird als eine bloß verbale Unterscheidung missverstanden. Sobald man jedoch die irgendwie überholte Doktrin des Determinismus aufgibt, wird man

diese Unterscheidung als Unterscheidung zweier verschiedener Darwinismen, zweier völlig unterschiedlicher Theorien anerkennen, von denen die ältere eine ganze Welt äußerst interessanter Dinge fast absichtlich ausblendete.

Nach dieser kurzen Zusammenfassung will ich, solange es die Zeit erlaubt, einige Details erörtern. Ich werde das mit Hilfe eines Inhaltsverzeichnisses tun, das ich erläutern will. Hier ist es<sup>16</sup>:

- (0) Formulierung des nicht infrage gestellten Darwinismus
- (1) Mein Problem und meine Lösung
- (2) Ein Gedankenexperiment: Die Bedeutung der Umwelt
- (3) Anpassung und Wissen
- (4) Die Notwendigkeit von ein wenig Anthropomorphismus
- (5) Aktivität und Ziele
- (6) These: Biochemie ist nicht auf Chemie reduzierbar
- (7) Langfristige Anpassungen gehen den kurzzeitigen Anpassungen voraus (Kant)
- (8) Darwin und Lamarck (Determinismus und Indeterminismus)
- (9) Symbiose und Parasitismus als Beispiele für erworbene Eigenschaften und Anpassung an Nischen
- (10) Die Relativität der Nischen
- (11) Sexuelle Auslese als Widerlegung der natürlichen Auslese
- (12) Eine Theorie der Emergenz

Zuallererst ist da das Kapitel (0): die Formulierung des Darwinismus.

Ich wiederhole, dass ich den Darwinismus folgendermaßen in Worte fassen möchte: *Organismen, die besser angepasst sind als andere, haben mehr Aussichten, Nachkom-*

*men zu hinterlassen.* Schlusspunkt. Ich denke, dies ist wirklich der Kern des Darwinismus. Wir brauchen nicht von ›natürlicher Auslese‹ zu sprechen, obgleich das eine sehr aussagekräftige Bezeichnung ist; und wir brauchen auch nicht von solchen Dingen zu sprechen wie Kampf ums Dasein, Kampf ums Überleben und so weiter.

Ich denke, all diese Ausdrücke sind eher ideologische als wissenschaftliche Ausdrücke. Vergessen Sie nicht, dass Darwin den Ausdruck ›natürliche Auslese‹ einführte, nachdem er von der bewussten Auswahl durch Züchter, sagen wir, durch Viehzüchter, gesprochen hatte, die ein bestimmtes Ziel im Sinn haben. Für Darwin ist es natürlich völlig klar, dass die Natur kein solches Ziel im Sinn hat. Die Natur trifft überhaupt keine Auswahl. Es gibt Unfälle, Fehler und alle möglichen Dinge, bei denen Menschen getötet werden. Es gibt auch Fehler, die korrigiert werden können. Wenn ein einzelliger Organismus irgendeine verrückte Versuch-und-Irrtum-Bewegung macht, dann macht er Fehler, kommt an gefährliche Stellen, die er besser hätte meiden sollen, und dann bewegt er sich in die entgegengesetzte Richtung. Das ist eine Art ›Auslese‹, eine Art der Fehlerkorrektur durch den Organismus selbst. Korrigiert er seinen Fehler nicht, kann es sein, dass er getötet wird. In der Regel denkt man bei ›natürlicher Auslese‹ an diese Tötungsprozesse. Aber wir lernen nicht nur auf diese eine Weise, nicht nur dadurch, dass wir ausgemerzt werden. Es ist *eine* der Methoden, wie wir lernen, aber es ist nicht die einzige. Wir sollten die gesamte Evolution als einen ungeheuer großen Lernprozess betrachten, der natürlich in alle möglichen Richtungen und Spezialisierungen geht.

Das ist mein Kommentar zu meinem Kapitel (0): die Formulierung des Darwinismus.

Ich komme zu Kapitel (1). Das ist schon erledigt: Ich habe versucht, mein Problem darzulegen und eine kurze Zusammenfassung der Lösung vorzustellen. Einen besonderen Punkt sollte ich noch hinzufügen:

Wenn Organismen versuchen, ihre Lebensumstände zu verbessern, zeigen sie Vorlieben für bestimmte Verhältnisse. Das heißt, sie zeigen Präferenzen für bestimmte Aspekte und Beschaffenheiten ihrer Nische, in der sie leben. Eine meiner Behauptungen ist, dass hauptsächlich die Vorliebe für Nischen zur Darwinschen Evolution führt. Die Organismen sind aktiv; sie suchen nach einer besseren Nische. Und dann sorgt diese Nische, diese Umgebung irgendwie dafür, dass der besser angepasste Organismus mehr Nachkommen hinterlässt. So kommt es zu mehr Spezialisierung und mehr Anpassung. Das ist die Weise, in der die Umgebung ›handelt‹, aber das ist kein wirkliches Handeln. Wenn wir von einem Vulkan sagen, er sei aktiv, dann ist das eine Metapher. Mit ›Handlung‹ meinen wir eigentlich etwas anderes. Ich werde das mit Hilfe eines Gedankenexperimentes erörtern.

Das ist das Kapitel (2). Das Gedankenexperiment ist das folgende: Nehmen wir an, es ist uns gelungen, in einem Reagenzglas Leben zu erschaffen. Das klingt heute ein bisschen unwahrscheinlich, aber ich denke, es gibt Gründe dafür zu glauben, dass das eines Tages geschehen kann. Unter ›Leben‹ verstehe ich hier eine chemische Struktur, die sich selbst reproduzie-

ren kann, natürlich, nachdem sie gefüttert wurde und ein bisschen gewachsen ist. Dann zerfällt sie in zwei Teile, und das geht dann so weiter. Nehmen wir also an, wir könnten das in einem Reagenzglas tun. Es besteht wenig Grund zu glauben, dass das von uns geschaffene Leben gut an das Reagenzglas angepasst ist. Deshalb müssen wir es mit allem versorgen, was dazu gehört, angepasst zu sein.

Das bedeutet: Wir müssen über dieses künstliche Leben eine ganze Menge wissen. Wir müssen einen Supermarkt bereitstellen, um unser Leben zu füttern, wir müssen für eine Kanalisation, ein Abwassersystem sorgen, damit gewisse Sachen weggeschafft werden, und wir müssen so etwas wie eine große Organisation von Schulen bereitstellen, die die Nachkommen aufnimmt, damit diese dann wieder ähnliche Lebensbedingungen haben. Das wird eine Riesenarbeit sein, und die setzt eine riesige Menge Wissen voraus. Das ist das, was wir tun, wenn wir eine künstliche Nische bereitstellen.

Ich behaupte, dass der erste Organismus, der überlebte und letzten Endes uns alle hier hervorbrachte – denn wir sind alle Nachkommen irgendeines frühen Organismus, und unsere Zellen sind nichts anderes als das direkte Ergebnis der Zellteilung dieses ersten Organismus... Ich behaupte, dass, wenn wir dieses ganze Wissen haben, um die riesige, lebenserhaltende Maschine bauen zu können, und wenn wir weiter annehmen, diese Maschine sei nicht von uns gebaut worden und das Leben habe dennoch überleben können, dass es [das Leben in der Natur] dann etwa annähernd die gleiche Art von Anpassung gehabt haben muss, wie wir sie für das künst-

liche Leben produziert haben, damit es überlebt.

Das heißt, als Leben in unserem Reagenzglas entstand, muss es bereits die gleiche Art Wissen besessen haben. Um auf sich allein gestellt überleben zu können, muss es dieses Wissen, mit dem wir es versorgt haben, zuvor schon besessen haben.

Ich behaupte, dass diese Art Anpassung – ich werde noch ein paar Worte darüber sagen und eine Art Arbeitshypothese aufstellen, wie sie entstanden sein könnte –, ich behaupte also, dass diese Art von Anpassung für den ersten überlebenden Organismus möglich gewesen sein muss.

Nun bedeutet das, dass ich mehr oder weniger Anpassung und Wissen gleichsetze. Dazu muss ich noch ein wenig sagen. Das ist mein nächstes Kapitel: Anpassung und Wissen.

Aber bevor ich mehr darüber sage, möchte ich ganz kurz meine Arbeitshypothese erklären, die nun natürlich auf der Hand liegt. Meine Arbeitshypothese ist, dass wir uns irren, wenn wir glauben, dass das, was wir einen lebenden Organismus nennen, auf der Erde nur höchst selten entstand, wenn überhaupt. Ich behaupte, dass der Versuch dazu viele, viele Male gemacht worden ist: Organismen sind mit einer gewissen Anpassung entstanden, aber mit noch nicht genug Anpassung, bis dann endlich ein Organismus überlebte, der ausreichend gut an die Umgebung, in der er entstand, angepasst war.

Mit anderen Worten: Ich glaube, es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass solche Ideen wie die von Monod<sup>17</sup> richtig sind, wonach

Leben ein außergewöhnlicher, einzigartiger und einmaliger Entstehungsprozess ist. Ich vermute, wenn wir mehr darüber wissen, werden wir sehen, dass Leben vielleicht gar nicht so selten entsteht und dass das Hauptproblem dabei ist, ob es an die Umgebung angepasst ist, in der es entsteht.

Das heißt, die Anpassung des neuen Organismus an seine Umwelt, oder wie ich sagen würde, an seine Nische, ist eines der Hauptprobleme bei der Frage nach dem Ursprung des Lebens. Natürlich ist es äußerst unwahrscheinlich, dass solch eine Anpassung auftritt, und deshalb müssen wir annehmen, dass das Auftauchen eines lebenden Organismus nicht einmalig war. Sehr wahrscheinlich oder möglich ist jedoch, dass das Auftauchen dieses einen Organismus, der in uns allen weiterlebt und, soweit wir wissen, in jeder Spur von Leben auf der Erde weiterlebt, dass *diese* Emergenz einmalig war. Das ist durchaus möglich. Natürlich ist es nicht notwendigerweise so, denn die anderen Organismen können mit der Zeit verschwunden sein; vielleicht sind sie von den Nachkommen unseres Vorfahren verspeist worden.

Nun möchte ich noch einige Worte zu Anpassung und Wissen sagen, und ich komme damit auch gleich zu Kapitel (4), in dem es um Anthropomorphismen geht.

Ich behaupte, dass wir ohne einige Anthropomorphismen überhaupt keine Biologie betreiben können. Wenn wir sagen, dass ein Hund eine Nase hat, dann ist eine Art Anthropomorphismus in unserer Rede-weise. Meiner Ansicht nach sind Anthropomorphismen so etwas wie vernünftige Hypothesen, wenn sie als Homologien

gedacht sind. Die Nase des Hundes gleicht meiner Nase, sowohl in ihrer Funktion als auch in ihrer Struktur.

Wenn wir zum Beispiel über Wissen reden und sagen, dass Wissen und Anpassung, ein gewisses Maß von Anpassung, einander entsprechen, dann reden wir nur über die Funktion und nicht über die Struktur. Davon gehe ich jedenfalls aus. Die Homologie der Funktionen ist aber in der Biologie wohlbekannt und sehr wichtig. Ich behaupte, dass sie unvermeidbar ist und dass wir mithilfe von Anthropomorphismen sozusagen von uns zu den niederen Organismen zurückgehen. Wenn wir von einem Organismus sagen, er suche nach Nahrung, so ist das ein Anthropomorphismus. Daran ist gar nicht zu zweifeln. Wie könnte man in der Biologie vorkommen, ohne Anthropomorphismen zu benutzen wie den, dass niedere Organismen nach Nahrung suchen? Ich glaube, es ist klar, dass das nicht möglich ist.

Ich würde sagen, Anthropomorphismen und damit auch die Teleologie sind nicht per se gerechtfertigt, aber sie sind, sagen wir mal, als Hypothese gerechtfertigt, als Hypothese über eine Homologie, oder als Hypothese über die Homologie von Funktionen. Anthropomorphismen sind dann gerechtfertigt, wenn wir eine Hypothese dahingehend aufstellen, dass zwischen einem Organismen und uns eine Homologie bestimmter Funktionen vorliegt.

Dort, wo Anthropomorphismen eine bloße Metapher sind, sind sie nicht gerechtfertigt oder, wenn Sie wollen, können wir sagen: sie sind unzulässig. Und genau solch eine bloße Metapher ist der Ausdruck ›natürliche Auslese‹. Wenn wir von

›natürlicher Auslese‹ sprechen, dann steht dahinter nicht die Idee, dass die Funktion des Auswählens, die wir homologisch der Umwelt zusprechen, etwas mit dem Auswählen bei Menschen zu tun hat, dass sie also der menschlichen Funktion des Auswählens ähnelt. So sehr ich auch den Darwinismus und Darwin persönlich bewundere – ich denke, dass uns bewusst werden sollte, dass der Ausdruck ›natürliche Auslese‹ eine irreführende Seite hat. Ich bin nicht der Meinung, dass wir ihn aufgeben sollten, aber wir sollten ihn bewusst als bloße Metapher benutzen. Darwin hatte dieses Bewusstsein ganz zweifellos; er hat das ganz klar zum Ausdruck gebracht.

Was ist nun der Hauptunterschied zwischen dem, was ich einen gerechtfertigten Anthropomorphismus nennen würde, und einem nicht gerechtfertigten, wie er in ›natürliche Auslese‹ vorliegt? Da das Wort ›Auslese‹ zweifellos anthropomorphisch ist, geht es nur noch um die Frage, ob es sich um eine Hypothese oder um eine bloße Metapher handelt. Ich würde sagen, dass ›Selektionsdruck‹ im Gegensatz zu ›natürliche Auslese‹ eine wirklich gute Bezeichnung ist, weil der Druck mit etwas verbunden wird, das von innen kommt und das Druck auf die Umwelt mit ihren Lebensressourcen ausübt.

Ich behaupte weiter, dass die alte Furcht vor der Teleologie, die Leute wie Monod dazu brachte, den Ausdruck ›Teleonomie‹ einzuführen, sagen wir mal, etwas dumm ist. Die Furcht davor, teleologische Ausdrücke zu benutzen, erinnert mich an die Scheu der Menschen der viktorianischen Zeit, über Sex zu sprechen; denn man benutzt diese Ausdrücke in der Biologie ständig, und sie sind völlig unvermeidbar.

Das Seltsame ist, dass mit der Anpassung die Teleologie in die Welt kommt. Organismen sind Problemlöser, Organismen suchen nach besseren Lebensbedingungen: Das sind alles ganz und gar teleologische Ausdrücke. Mit besseren Lebensbedingungen kommen Bewertungen ins Spiel, und zweifellos bevorzugen Organismen bestimmte Dinge, sie bewerten sie, und sie mögen dies oder das lieber als etwas anderes. All diese Ausdrücke sind teleologisch und natürlich anthropomorphisch, und wir können sie nicht vermeiden.

Was ich zuvor über ›Hypothese versus Metapher‹ gesagt habe, gilt auch für Folgendes: Wissen ist eine Art Hypothese; schon in Bezug auf das Wissen anderer Menschen ist es eine, aber erst recht gilt das in Bezug auf das Wissen von Tieren. Wie können wir vermeiden, das Wort ›Wissen‹ auf Tiere und natürlich auch auf Pflanzen anzuwenden? Wie können wir vermeiden zu sagen, dass die Wurzeln eines Baumes nach Nahrung, nach Wasser, nach besseren Lebensbedingungen suchen? Wenn wir das zu umgehen versuchen, dann täuschen wir uns selbst und sprechen in einer künstlichen Sprache, obgleich es unnötig ist, eine solche einzuführen.

Nun komme ich zu Kapitel (5): Aktivität

Ich denke, die ersten Anfänge von Aktivität müssen wir schon den niedrigsten Organismen zuschreiben, unseren primitivsten Vorfahren. Aktivität ist Bewegung mit einem Ziel. Das Ziel ist vorhanden. Ohne Ziel gibt es keine Anpassung; ohne Ziel gibt es kein Wissen. Dies alles müssen wir schon den niedrigsten Organismen zuschreiben und bei der Unterscheidung zwischen lebenden Organismen und nicht-lebenden

Kristallen berücksichtigen, sagen wir, bei Flüssigkristallen oder was auch immer. Letztere haben mit Organismen vieles gemeinsam, nur nicht, Aktivität im Sinne der Versuch-und-Irrtum-Bewegungen zu zeigen, wie wir sie schon bei den niedrigsten uns bekannten Organismen finden.

Es ist klar, dass der Ausdruck ›Aktivität‹ die Idee eines Zieles einführt und damit die Teleologie, und ich sollte hinzufügen: Er tut das ganz bewusst. Die Unterscheidung zwischen Teleologie und Teleonomie, denke ich, ist unnötig. Teleologie ist natürlich unsinnig, wenn wir darunter etwas anderes verstehen, also etwa, dass das Leben ein bestimmtes Ziel oder Ideal anstrebt oder etwas Ähnliches. Der lebende Organismus bemüht sich beispielsweise, an Nahrung zu kommen, oder, sagen wir, an mehr oder weniger Wärme, oder an mehr oder weniger Säure. Das sind die ursprünglichen Ziele des Organismus, und ich behaupte, dass ohne solche Ziele Anpassung unmöglich ist. Und die verbesserte Anpassung, die der Darwinismus erklärt, setzt eine Art ursprüngliche Anpassung voraus. Ohne eine solche kann die Anpassung als Prozess, mehr Nachkommen zu hinterlassen, nicht verbessert werden, und das ist der Prozess, den wir ›natürliche Auslese‹ nennen.

Nun komme ich zu einer These, die, glaube ich, nur wenige von Ihnen auf den ersten Blick gelten lassen werden. Es ist die These, dass man Biologie deshalb nicht auf nicht-biologische Fachgebiete wie Physik und Chemie reduzieren kann, weil Biochemie nicht auf Chemie reduzierbar ist.

Mit der Biochemie wird die Idee des Zieles und der Funktion eingeführt. Sie spricht

davon, dass bestimmte Prozesse in bestimmten Organismen in bestimmter Weise funktionieren und dass der gleiche chemische Prozess in anderen Organismen andere Funktionen übernimmt. Solche Dinge kann man in der Chemie nicht formulieren. Es geht hier nicht um den Unterschied zwischen organischer und anorganischer Chemie, sondern um den zwischen der Biochemie, die, ob sie will oder nicht, teleologische Konzepte benutzen muss, und der Chemie, der Teleologie völlig fremd ist.

Mit dieser Nicht-Reduzierbarkeit wird eine Sichtweise Peter Medawars gestützt. Auf einer Konferenz über die Frage der Reduzierbarkeit, an der wir beide teilnahmen – ich denke, es war 1974, oder 1972 oder 73, ich weiß es nicht mehr<sup>18</sup>, am Comer See – wies Peter darauf hin, dass diese Nicht-Reduzierbarkeit bestimmter Geometrien auf andere Arten von Geometrien ähnlich ist, was der Tatsache zuzuschreiben sei, dass in dieser Geometrie neue wichtige Konzepte und neue Probleme auftauchten. Ich denke, dass auch in der Biochemie neue Probleme und neue Konzepte auftauchen, die nicht auf bloße Chemie zurückgeführt werden können, auch wenn die Chemie in der Biochemie natürlich eine große Rolle spielt. Aber die Biochemie führt eine bestimmte Art ein, ihre Probleme zu formulieren, eine bestimmte Art des Denkens und des Sprechens über bestimmte Funktionen, Funktionen in einem System von Funktionen, und das ist etwas, das in die Chemie nicht eingeführt werden kann. Deshalb denke ich, dass die Nicht-Reduzierbarkeit der Biologie auf nicht-biologische Wissenschaften, die immer wieder behauptet worden ist, auf die Nicht-Reduzier-

barkeit der Biochemie auf Chemie zurückzuführen ist.

Mein nächster Punkt steht immer noch irgendwie in Verbindung mit dem Problem von Wissen und Anpassung. Er hat die Nummer (7) auf meiner Liste und die Überschrift: Langfristige Anpassungen gehen kurzfristigen Anpassungen voraus, und in Klammern: Kant. Gemeint ist der Philosoph Immanuel Kant.

Kant behauptete, dass unser Wissen von Raum und Zeit unseren Beobachtungen irgendwie vorausgehe. Bevor Beobachtungen uns überhaupt etwas bedeuten können, müssen wir fähig sein, so etwas wie a priori-Orientierungen zu haben. Ich glaube, das ist richtig. Man muss aber hinzufügen, dass diese Art von a priori-Wissen nicht notwendigerweise wahr ist. Es geht anderem Wissen voraus, aber es ist so hypothetisch wie all unser Wissen. Das heißt: Mit unserem, sagen wir, angeborenen Wissen, das schon in den ersten Organismen, von denen wir alle abstammen, als eine Art Wissen angeboren vorliegt, können wir uns immer irren.

In diesem Organismus... Ja, ich höre, dass ich schließen muss. Dann will ich, statt Ihnen weiter vorzutragen, mich an das Inhaltsverzeichnis halten. Ich werde gerade noch kurz vorlesen: [Punkt (8)] Darwin und Lamarck. Hier wollte ich den Determinismus und Indeterminismus erörtern. – Ich habe doch noch zehn Minuten? Oh, das ist mehr als ich brauche [Lachen]. Also dann kann ich zu den langfristigen Anpassungen zurückkehren [noch lauterer Lachen] und sie mit den kurzfristigen Anpassungen vergleichen [Punkt (7)].

Langfristige Anpassungen sind zum Beispiel die Entwicklung bestimmter Organe. Die Entwicklung des Auges ist eine Art des Wissens, das durch das Leben des mexikanischen Axolotl<sup>19</sup> falsifiziert wird. Es geht davon aus, dass es zumindest von Zeit zu Zeit immer etwas Licht geben wird, mit dem wir sehen können. Das zeigt, dass es sich hier um eine langfristige Anpassung handelt. Und wenn ein Tier wie der mexikanische Axolotl in einer Höhle lebt, in die niemals Licht eindringt, dann wird seine Erwartung, etwas zu sehen, falsifiziert, und die Augen degenerieren.

Ich denke, dass all unsere Organe sich als eine Art von Wissen entwickelt haben, als so etwas wie Langzeiterwartungen. All das kurzzeitige Wissen, das wir bekommen, wenn wir die Augen und Ohren öffnen, setzt Langzeitwissen in Form unserer Augen und Ohren voraus. Meine Augen öffnen und Sie dann sehen, das funktioniert nur, weil ich Augen habe und weil das heißt, dass ich Langzeitwissen habe. Und wie alles andere Wissen kann es manchmal falsifiziert werden. Das ist, denke ich, was Kant tatsächlich in gewisser Weise vorhersah.

Nun mein nächster Punkt [(8)]: Darwin und Lamarck. Hier möchte ich unter anderem den Determinismus und den Indeterminismus erörtern.

Der wirkliche, der große Unterschied zwischen Darwin und Lamarck besteht darin, dass Darwin Determinist war und Lamarck nicht. Ich verteidige keineswegs den Lamarckismus, wie man ihn heute nennt, also die Vererbung erworbener Eigenschaften, aber ich möchte Sie darauf hinweisen, dass sehr wichtige Dinge wie die

Symbiose und der Parasitismus in Punkt (9) tatsächlich so etwas wie erblich Erworbenes sind. Wenn ich einen Parasiten esse, dann habe ich den zweifellos erworben [Lachen]. Die Symbiose, die alle unsere heutigen Zellen eingegangen sind, rührt wahrscheinlich daher, dass sie andere Zellen gefressen haben. Es gibt viele Beispiele für Zellen, die andere Zellen fressen. Und diese anderen Zellen überleben manchmal ziemlich lange innerhalb der Zelle, von der sie gefressen wurden, und manchmal entkommen sie sogar aus dieser seltsamen Nische, die sie sich zugelegt haben, entweder aktiv, wie das bei vielen Parasiten der Fall ist, oder passiv.

Das bringt mich zu meinem Punkt (10): Die Relativität von Nischen.

Dies ist ein sehr wichtiges, aber recht langes Thema. Ich will nur kurz erklären, dass jeder einzelne, individuelle Organismus seine eigene individuelle Nische hat. Aber wir können auch von der Nische einer Spezies sprechen; wir können beispielsweise auch von der Nische einer Familie sprechen. Hier kommt etwas ins Spiel, das keineswegs trivial ist und durch das Folgende veranschaulicht wird: Darwin glaubte, wie Sie alle wissen, an die sexuelle Selektion, und er glaubte, dass sexuelle Selektion eine Art natürliche Auswahl sei. Das ist aber nur der Fall, wenn wir als Nische, die hier wichtig ist, die des Männchens betrachten, zu der das Weibchen gehört. Wenn wir aber die Nische betrachten, die auf beide wirkt, auf das Männchen wie auf das Weibchen, dann kann leicht gezeigt werden, dass die sexuelle Selektion die natürliche Auswahl widerlegt. Darüber können Sie nachdenken, wenn Sie gleich nach Hause gehen<sup>20</sup>.

Also hängt es vom Begriff der Nische ab, ob die sexuelle Auswahl in das Schema der natürlichen Auswahl passt oder ob sie diese widerlegt. Wenn wir die Nische des Männchens nehmen, dann gehört das Weibchen in diese Nische, und das Männchen muss dem Weibchen gefallen, durch solche Dinge wie Schweif oder Hörner oder, ich weiß nicht, was sonst noch, durch Dinge jedenfalls, die bei der natürlichen Auswahl nicht sehr nützlich sind. Wenn wir dagegen die gemeinsame Nische von Männchen und Weibchen betrachten, dann zeigen alle oder die meisten Beispiele, dass die sexuelle Auswahl eine Verschlechterung der Anpassung an diese Nische, an die gemeinsame Nische, bedeutet. Diese Beispiele stehen für eine verbesserte Anpassung an die Nische des Männchens und eine Verschlechterung der Anpassung an die gemeinsame Nische für Männchen und Weibchen.

Daraus ersehen Sie, dass es nicht nur von einem logischen, sondern auch von einem biologischen Standpunkt aus sehr wichtig ist, Nischen äußerst sorgfältig zu untersuchen.

Nischen haben übrigens ein Äußeres und ein Inneres. Eine Spinne, die in meinem Schlafzimmer lebt, hat in gewissem Sinne die gleiche Nische wie ich. Aber insofern die Spinne auf Dinge reagiert, auf die ich nicht reagiere, und sie zum Beispiel nicht reagiert, wenn das Telefon klingelt, insofern lebt sie in einer vollkommen anderen Nische. Es ist also das Innere der Nische, das für das Leben des in ihr lebenden Organismus entscheidend ist.

Das muss im Einzelnen erörtert werden; und es wird sich zeigen, auf welche Wei-

se viele Pflanzen und Tiere ihre Nischen auswählen und wie sie diese durch ihre Aktivitäten verändern. Ein Baum zum Beispiel, der an eine Abwasserleitung gerät, macht dort ein Loch und gelangt hinein; und durch seine Aktivität ändert er zweifellos die vorhandene Nische.

So, das waren die Punkte (10) und (11), und mein letzter Punkt (12) ist eine Theorie der Emergenz.

Natürlich kann man die nicht einfach in ein, zwei Minuten darstellen, aber ich kann vielleicht das sagen, was ich in meinem Entwurf hier aufgeschrieben habe, nämlich:

In der Regel scheint Emergenz sich durch eine Funktionsänderung von etwas zu ereignen, das schon existierte. Die Funktionsänderung – ein chemischer Prozess, eine Verbindung oder was es auch immer sein mag –, die Funktionsänderung bewirkt, dass diesem Etwas, das schon existierte, plötzlich – oder auch gar nicht so plötzlich – jedenfalls im rechten Augenblick eine neue Bedeutung zukommt und dass sich dadurch ein ganz neuer Aspekt der Evolution eröffnet. Ich vermute, dass auf diese Weise so etwas wie das menschliche Bewusstsein entstanden ist.

Ich danke Ihnen.

### **Anmerkungen:**

<sup>1</sup> *Copyright:* Universität Klagenfurt, *Karl Popper Sammlung*, Dr. Manfred Lube, Universitätsstraße 65-67, A 9020 Klagenfurt. Transkription und Übersetzung von der Tonbandaufnahme: Dagmar Niemann, Hans-Joachim Niemann. Hilfen an unverständlichen Stellen und Korrekturen am englischen Text: Melitta Mew, Bernard Mew. Herausgegeben von Hans-Joachim Niemann. – Poppers Erste

Medawar Vorlesung wurde am 12. Juni 1986 in London vor der *Royal Society* gehalten. Sie ist archiviert in den *Hoover Institution Archives*, Stanford, und der *Karl Popper Sammlung*, fasz. 582/583. Ursprünglich sollte dieses Material bis zum 31. Juli 2029 verschlossen bleiben. Ich danke Melitta Mew für die Aufhebung der Sperre in diesem besonderen Fall. Dr. Manfred Lube und der *Karl Popper Sammlung*, Universitätsbibliothek Klagenfurt, danke ich für die Tonbandaufzeichnung und für die Genehmigung für Abschrift, Übersetzung und Veröffentlichung. – Eckige Klammern und Fußnoten enthalten Bemerkungen des Herausgebers. Das Nachwort des Herausgebers (in diesem Heft) erläutert die Entstehungsgeschichte der Vorlesung und ihre Bedeutung innerhalb von Poppers Werk.

<sup>2</sup> Peter Medawar (1915-1987) erhielt 1960 den Nobelpreis für ›Physiologie oder Medizin‹ für seine Beiträge zu Abstoßungsreaktionen nach Organtransplantationen und für seine Mitentdeckung der erworbenen Immuntoleranz.

<sup>3</sup> Joseph Henry Woodger (1894-1981), theoretischer Biologe und Wissenschaftstheoretiker.

<sup>4</sup> Der ›Theoretical Biology Club‹ (TBC) wurde 1932 von J.H. Woodger und anderen gegründet, um den Materialismus und Reduktionismus in der Biologie zurückzudrängen. Poppers Teilnahme an den Treffen in den Jahren 1935 in Epsom und 1936 in Ringstead belegt sein frühes Interesse für die evolutionäre Biologie; siehe Pnina Abir-Am. ›The Biotheoretical Gathering‹, *History of Science* 25 (1987), p. 1-70.

<sup>5</sup> 1932, siehe Anm. 4.

<sup>6</sup> Pnina Abir-Am (siehe oben Anm. 4), S. 2, berichtet über Poppers Teilnahme im Mai 1935 in Epsom Downs und im Juni 1936 in Ringstead Mill.

<sup>7</sup> Hunstanton ist ein kleiner Badeort an der Nordseeküste von Norfolk (England). Eine Windmühle gibt es dort nicht. Gemeint ist die Windmühle im nahegelegenen Ringstead. Die Mühle gehörte damals dem Platonforscher Francis Cornford, den Popper später oft in seinem Buch *Die Offene Gesellschaft und ihre Feinde* zitieren wird, und seiner Frau, der Dichterin Frances Cornford, einer Enkelin von Charles Darwin.

<sup>8</sup> Außer J.H. Woodger auch die Biologen D.M. Wrinch, C.H. Waddington, J. Needham, J.D. Bernal (Röntgen-Kristallograph und Lehrer zweier Nobelpreisträger), Dorothy Crowfoot (spätere Dorothy Hodgkin und Nobelpreisträgerin) und andere.

<sup>9</sup> W.F. Floyd (geb. 1910), Biologe.

<sup>10</sup> Peter Medawar, *Memoir of a Thinking Radish: An Autobiography*, Oxford Paperbacks, 1988.

<sup>11</sup> Deutsch im Original.

<sup>12</sup> Peter Medawar, Nobelpreisrede: ›Immunological Tolerance‹, *Nobelprize.org*. 10 Sept. 2012; [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1960/medawar-lecture.htm](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1960/medawar-lecture.htm)

<sup>13</sup> P. Medawar, ›Critical Note: The Phenomenon of Man‹, *Mind* 70 (1961), p. 99-106; dt. P. Medawar, *Die Kunst des Lösbaren*, Göttingen (Vandenhoeck) 1972, Kap. 5, ›Der Mensch im Kosmos‹, S. 60-71.

<sup>14</sup> James Mark Baldwin (1861-1934), amerikanischer Philosoph und Psychologe.

<sup>15</sup> Thomas Henry Huxley (1825-1895), Biologe und engagierter Darwinist.

<sup>16</sup> Nach einem Mitschrieb des Biologen und Nobelpreisträgers Peter Dennis Mitchell (1920-1992) vom Herausgeber rekonstruiert.

<sup>17</sup> Jacques Monod, *Zufall und Notwendigkeit*, München (Piper) 1971.

<sup>18</sup> Das Jahr war 1972. Popper nimmt Bezug auf eine Konferenz von Biologen und Philosophen, die vom 9. bis 16. September 1972 in der Villa Serbelloni am Comer See stattfand. Poppers Vorlesung trug den Titel ›Scientific Reduction and the Essential Incompleteness of All Science‹, erschienen in: Ayala, F.J. und Dobzhansky, T. (Hrsg.), *Studies in Philosophy of Biology*, London (McMillan) 1974, S. 259-284; überarbeitet, deutsch in: Popper, K.R., *Das Offene Universum*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2001, Anhang II, ›Die wissenschaftliche Reduktion und die wesentliche Unvollständigkeit aller Wissenschaft‹, S. 137-170; erweitert in: Popper, K.R., *Alles Leben ist Problemlösen*, München (Piper) 1994, Kap. 2.

<sup>19</sup> Der Axolotl ist ein mexikanischer Salamander, für den sich Biologen wegen seiner Fähigkeit interessieren, verlorene Organe zu reproduzieren. Die von Popper angesprochene erblindete Mutation wird behandelt z. B. in: D.G. Stein et al., *Brain Repair*, Oxford Univ. Press (1997), S. 90-91.

<sup>20</sup> Siehe Nachwort des Herausgebers in diesem Heft.

