

Die Erforschung des Lebens



In diesem Kapitel...

- ▶ Häufige Prä- und Suffixe in der Biologie kennen lernen
- ▶ Das wissenschaftliche Arbeiten verstehen
- ▶ Die Hauptausstattung biologischer Experimente anschauen
- ▶ Wissenschaftliche Ergebnisse suchen und finden

Wie bei allen anderen Kapiteln in diesem Buch auch, müssen Sie nicht unbedingt mit diesem Kapitel beginnen. In diesem Kapitel zeige ich Ihnen, was Leute in den verschiedenen Feldern der Biologie bearbeiten, und helfe Ihnen, zu verstehen, was bei diesen Untersuchungen wichtig ist. Deswegen können Sie sich das Kapitel jederzeit, wann immer es Ihnen gefällt, durchlesen.

Was ist eigentlich Biologie?

Biologie bedeutet buchstäblich die Lehre des Lebens und das Leben ist bekanntermaßen wirklich verflucht kompliziert. Es gibt sehr, sehr viele verschiedene Arten Organismen, Umwelten und Millionen über Millionen Kombinationen genetischen Materials. Jede Information, die sich mit der Untersuchung von Leben befasst, gehört zur Biologie, aber ein *Biologe* wird und kann sich niemals mit allen Facetten aller Lebewesen befassen. Das würde einfach viel zu viel Zeit kosten. Deswegen spezialisieren Biologen sich auf ein bestimmtes Gebiet und konzentrieren ihre Forschungen darin. Die Ergebnisse der Spezialisten aus den einzelnen Feldern kann dann (gewöhnlich auf großen Konferenzen) zusammengefasst und verteilt werden, um so das Wissen ein wenig zu erweitern. Das ist das, was *Wissenschaft* im Grunde genommen auch ist: ein ständig wachsendes und sich veränderndes Wissen über die Dinge in der Natur, egal ob diese Dinge Bananenbäume, Kängurus, Schwertfische, Dinosaurier, Felsen, Gase oder auch die Substanzen und Zellen sind, aus denen die Dinge bestehen.

Die *Biologie* ist also der Zweig der Wissenschaft, der sich mit dem Leben befasst. Die *Chemie* beschäftigt sich mit den Bestandteilen, aus denen sich die Materie zusammensetzt. Die *Physik* erforscht letztlich die Naturgesetze, denen alle Dinge unterworfen sind, lebendig oder nicht lebendig. In diesen drei Hauptzweigen der Wissenschaft können die Geheimnisse der Natur entdeckt und entschlüsselt werden. Dieses Buch konzentriert sich also auf die Lehre des Lebens.

Die Wissenschaft bei der Arbeit: Neue Informationen, widersprechende Berichte

Es ist vielleicht verwirrend, wenn die Medien widersprüchliche Untersuchungsergebnisse präsentieren. Heute noch ist Margarine gut für den Cholesterinspiegel, und morgen schon

produziert Margarine gefährliche Fettsäuren, die zu Herzerkrankungen beitragen können. Wenn Sie solche widersprüchlichen Berichte lesen, erleben Sie Wissenschaft hautnah. In diesem Beispiel schlossen Wissenschaftler korrekterweise daraus, wenn hohe Cholesterinspiegel zu Herzkrankheiten beitragen, dass ein Produkt aus pflanzlichen Ölen – Margarine – gesünder ist als ein Produkt aus Tierfetten, da der Cholesterinspiegel dadurch gesenkt wird.

Doch die Wissenschaftler beließen es nicht dabei. Sie stellten weitere Fragen, Hypothesen und Gedanken auf. Sie sind neugierige Zeitgenossen und so haben sie die Margarine weiter erforscht. Dabei entdeckten sie neulich, dass im Herstellungsprozess der Margarine *Transfettsäuren* (siehe Kapitel 4) entstehen können, die ihrerseits Herz und Blutgefäße schädigen. Dadurch wird zwar die Entscheidung an der Ladentheke etwas schwieriger, aber seien Sie dankbar dafür, dass das Wissen gewachsen ist. So entwickelt sich die wissenschaftliche Information täglich weiter, wie die Wissenschaftler, die an den Projekten arbeiten.

Verstehen, worum es geht: Biologische Sprachenlehre

Doch wer sind genau diese neugierigen Zeitgenossen, die die Geheimnisse des Lebens entschlüsseln? Obwohl sie alle Wissenschaftler sind, werden sie mit dem Namen ihres Spezialgebietes bezeichnet. Abbildung 1.1 zeigt Ihnen einige verschiedene Präfixe und Suffixe, die in der Biologie verwendet werden.

Diese Prä- und Suffixe können Ihnen behilflich sein, viele biologische Fachbegriffe zu verstehen und zeigen auch, in welchen Untergebieten die jeweiligen Spezialisten arbeiten. So bedeutet zum Beispiel das Präfix *hämato* »Blut«. Demzufolge beschäftigt sich ein *Hämatologe* mit Blutuntersuchungen (und *Hämatokrit* ist eine Maßeinheit für Blutzellen).

Wenn Sie verstehen, womit sich jede Untereinheit der Biologie befasst, können Sie leichter die verschiedenen Arbeitsfelder unter dem Schirm der Biologie zueinander beziehen und zu einem größerem Bild zusammensetzen. Wenn zum Beispiel eine Infektion in Ihrem Blut festgestellt wird, wird ein Hämatologe zu Hilfe gerufen. Dieser muss vielleicht aber mit einem Immunologen (»immuno« bezieht sich auf das Immunsystem) und einem Mikrobiologen (»Mikro« und »bio« bezeichnen kleinste Lebewesen wie Bakterien) oder einem Kardiologen (»Kardio« bedeutet Herz) zusammenarbeiten, um Sie vollständig zu heilen. Alle diese Arbeitsfelder fallen, weil sie sich mit Lebewesen befassen, unter die Überschrift Biologie.

Ein Tag im Leben eines »...ologen«

Wissenschaftler mischen nicht nur Chemikalien in verschiedenen Glasbehältern miteinander oder führen Tierversuche durch. Viele Wissenschaftler, wie Doktoranden, Postdoktoranden oder Techniker verbringen zwar die meiste Zeit mit Experimenten, sie haben aber noch viele andere Aufgaben, je nachdem was für ein Typ Wissenschaftler sie sind.

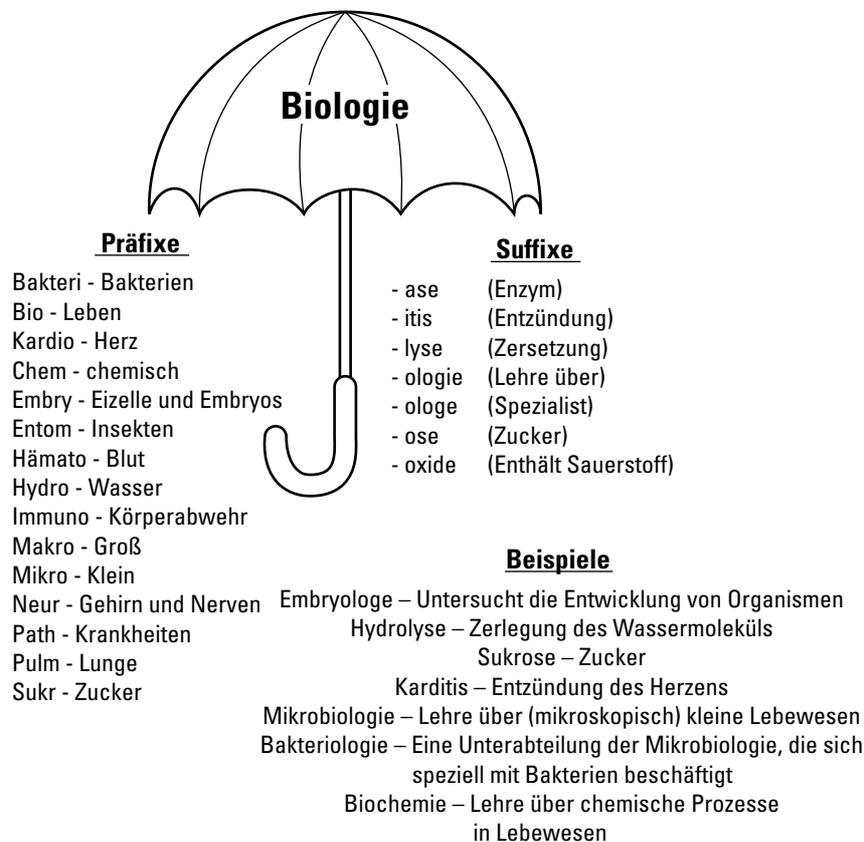


Abbildung 1.1: Unter dem Schirm der Biologie: Wenn Sie die wichtigsten Prä- und Suffixe kennen, können Sie viele biologische Fachbegriffe leichter verstehen

Wissenschaftler in Unternehmen

Arbeitet ein Wissenschaftler in einem Forschungsunternehmen, so muss er oder sie an Besprechungen teilnehmen, wie in jeder anderen Firma auch. Die Wissenschaftler arbeiten selten allein. Ein Wissenschaftler in einem Forschungsunternehmen muss auch die Ziele des Unternehmens im Gedächtnis behalten und im Team mit anderen Informationen zu diesen Zielen sammeln. Sind diese Informationen gesammelt (etwa durch Experimente oder Recherche über andere Untersuchungen im Arbeitsgebiet), müssen die Tatsachen präsentiert werden. Wissenschaftler lesen und schreiben sehr viel. Sie nehmen an Konferenzen teil, um sich mit anderen Wissenschaftlern auszutauschen, und sie versuchen, Produkte oder Dienstleistungen zu entwickeln, wie zum Beispiel Tests, die ihr Unternehmen am Markt anbieten kann. Außerdem müssen sie über die finanzielle Lage im Bilde sein (letztendlich ist auch die Wissenschaft ein Geschäft) und manchmal müssen sie sich auch um Personalfragen kümmern und die Mitglieder im Forschungsteam zusammenstellen und verwalten. Sie schreiben Projektanträge und versuchen Forschungsgelder aus Fonds oder Ausschreibungen oder anderen Quellen wie Risikokapitalgebern zu erhalten. Außerdem muss die Ausrüstung

durch Routinereinigungen und Wartungen in Schuss gehalten und manchmal auch repariert werden.

Wissenschaftler an Universitäten

Ist ein Wissenschaftler an einer Universität angestellt, kann er vielleicht sein Arbeitsfeld frei bestimmen, aber viele Universitäten haben, wie Forschungsunternehmen auch, eigene Forschungsziele. An einer Universität haben die Wissenschaftler viele Aufgaben wie auch in Forschungsunternehmen, diese sind aber weniger an der Erzielung eines Profits ausgerichtet, sondern eher an der Generierung von Wissen (das dann manchmal für mehr oder weniger Geld an Unternehmen verkauft wird). Zusätzlich unterrichten Wissenschaftler Studenten, veröffentlichen ihre Ergebnisse in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und nehmen außerdem an Fachtagungen und Konferenzen teil. Manchmal schreiben oder bewerten sie Fachbücher oder werden von Forschungsunternehmen angeheuert.

Spezialisten

Manchmal beschäftigt sich der »ologe« mehr mit der Pflege von Lebewesen als mit deren Erforschung. Die Art ihrer Arbeit ist mehr klinisch – das heißt, sie wenden die gewonnenen Informationen mehr an als neue zu sammeln. Oft arbeiten diese »ologen« eng zusammen. Zum Beispiel kann ein *Ökologe*, der die Zusammenhänge und Auswirkungen der Organismen mit der Umwelt, in der sie leben, erforscht, mit einem *Mikrobiologen* zusammenarbeiten, um die Wasserqualität in einem Fluss für die Organismen darin zu verbessern. Oder ein *Embryologe*, der die Entwicklung von Organismen von der Befruchtung an untersucht, kann mit einem *Molekularbiologen* zusammenarbeiten, der die Organismen auf zellulärer Ebene untersucht und sich dabei auf die Genetik konzentriert, um die Ursache eines Geburtsdefektes zu untersuchen. Ein *Entomologe*, der Insekten erforscht, kann mit einem *Pathologen*, der anormale Gewebe und Zellen erforscht, zusammenarbeiten, um ein Pestizid zu entwickeln, das nur ein geringes Krebsrisiko besitzt.

Ein erfolgreiches Forschungsunternehmen

1980 gründeten zwei Forscher das Unternehmen *Genentech* in der damals noch sehr jungen Genindustrie. Als Wissenschaftler in einem Forschungsunternehmen brachten sie Kapital auf, um ihre Arbeit an der Entwicklung von rekombinanten DNS-Produkten zu finanzieren. Das erste Produkt, das Genentech auf den Markt brachte, war ein genetisch erzeugtes Insulin für Diabetiker. Dieses rekombinante Produkt bewirkte, dass Diabetiker nicht mehr auf Insulin aus Bauchspeicheldrüsen von Rindern oder Schweinen zurückgreifen mussten, das möglicherweise eine allergische Reaktion hervorrufen kann. An dem Tag, als Genentech an die Börse ging, verdoppelte sich gleich der Aktienkurs dieser Firma.

Informationsgewinnung

Woher wissen die Wissenschaftler das alles? Wie finden sie es raus? Bei der Forschungsarbeit wird gewöhnlich das *wissenschaftliche Arbeiten* (oder auch die wissenschaftliche Methode) angewendet. Im Grunde genommen ist die wissenschaftliche Methode ein Plan, der konsequent bei der Durchführung der Experimente und der Aufzeichnung der Ergebnisse verfolgt wird. Dabei handelt es sich weder um eine Sammlung von Anweisungen für ein Experiment, noch wurde sie von einem Einzelnen entworfen. Die wissenschaftliche Methode hat sich über viele Generationen von Wissenschaftlern entwickelt, die Experimente durchführten und ihre Ergebnisse mit anderen teilen wollten. Sie ermöglicht es, dass Experimente wiederholt und Ergebnisse einheitlich veröffentlicht werden können.

Wissenschaftler können die Methode der Beobachtung anwenden, oder sie können ein Experiment durchführen, das dem wissenschaftlichen Arbeiten entspricht. Im wirklichen Leben lösen viele Leute Probleme oder finden Antworten auf ihre Fragen auf dieselbe Art, wie Experimente geplant werden. Die wissenschaftliche Methode ist sehr logisch aufgebaut.

Nicht alle Wissenschaft wird mit Hypothesen betrieben

Während einige Wissenschaftler eine Ahnung über etwas besitzen und daran arbeiten, diese Ahnung zu beweisen oder zu widerlegen, hat ein Projekt das Paradigma der Hypothesen-gestützten Wissenschaft geändert. Beim humanen Genomprojekt arbeiteten Wissenschaftler in Laboren weltweit fleißig zusammen, um mehr Wissen über das menschliche Genom zu erlangen. Das menschliche Genom ist die Gesamtheit aller Gene eines Organismus und die Gene beinhalten die Informationen über die vererbten Merkmale. Beim humanen Genomprojekt begann man damit, eine Karte zu erstellen, auf der ein Merkmal einem Chromosom zugeordnet werden kann. Die Merkmale reichen von kleinen Eigenschaften, wie ob man in der Lage ist, die Zunge zu rollen oder nicht, bis hin dazu, ob man Brustkrebs oder zystische Fibrose bekommt. Da die einzelnen Gene nun lokalisiert sind, können Wissenschaftler jetzt ihre Aufmerksamkeit darauf lenken, die neu gewonnenen Informationen dazu zu verwenden, neue Hypothesen über Heilmethoden oder Gentherapien aufzustellen. Daher wird das humane Genomprojekt auch als Hypothesen schaffende Forschung und nicht als hypothesenbetriebene Forschung bezeichnet.

Planung von Experimenten mit der wissenschaftlichen Methode: Der Wert von Variablen

Bei der Forschungsvorbereitung muss der Wissenschaftler zuerst eine *Hypothese* aufstellen. Eine Hypothese ist im Grunde genommen ein wohl überlegter Gedanke oder eine Idee zu einem bestimmten Problem. Danach arbeitet der Wissenschaftler darauf hin, die Hypothese zu *bestätigen*, also zu beweisen, dass sie wahr ist, oder zu *widerlegen*, also zu beweisen, dass sie falsch ist.



Ob ein Wissenschaftler richtig oder falsch liegt, ist nicht so wichtig, wie dass seine Experimente durch andere Wissenschaftler wiederholt werden können, die erwarten, zum selben Ergebnis zu kommen.

Die Experimente müssen sinnvoll und so beschaffen sein, dass sie wiederholt werden können, weil die »Antworten«, die ein Wissenschaftler findet (egal ob die Hypothese nun bestätigt oder widerlegt wurde), erst dann allgemein akzeptiert werden, wenn andere Wissenschaftler das oder die Experimente exakt wiederholen können und dasselbe Ergebnis erlangen. Sonst sind die Experimente nutzlos und alle daraus gewonnenen Daten sind wertlos.

»Warum nutzlos«, werden Sie vielleicht fragen. Nun, es gibt so etwas, was man *Variablen* nennt. Wie Sie vielleicht schon erwarten, können Variablen variieren: Sie ändern sich und sie unterscheiden sich und bleiben nicht gleich. Ein gut geplantes Experiment besitzt eine *unabhängige* Variable und eine *abhängige* Variable. Die unabhängige Variable wird vom Wissenschaftler im Experiment geändert. Die abhängige Variable ändert sich nun ihrerseits abhängig davon, wie die unabhängige Variable geändert wurde. Die abhängige Variable liefert demzufolge die Daten aus dem Experiment.

Bei Experimenten müssen folgende vier Schritte befolgt werden, um als »gute Wissenschaft« zu gelten:

1. Ein Wissenschaftler muss die Informationen im Auge behalten, indem er alle Daten aufzeichnet.

Diese Daten sollten gut übersichtlich dargestellt werden, etwa als Diagramm oder als Tabelle.

2. Es muss eine Kontrolle verwendet werden.

So können die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

3. Aus den Ergebnissen müssen Schlussfolgerungen gezogen werden.

4. Fehler müssen berichtet werden.

Hier ein Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie möchten wissen, ob Sie einen Marathon schneller laufen können, wenn Sie entweder am Abend vorher Nudeln essen oder am Morgen vor dem Rennen Kaffee trinken. Dabei nehmen Sie an, dass Sie durch das Nudelnessen die Energie bekommen, um am nächsten Tag schneller laufen zu können. Eine ordentliche Hypothese würde dann folgendermaßen lauten: »Die Zeit eines Marathons kann verbessert werden, indem vor dem Rennen große Mengen an Kohlenhydraten aufgenommen werden.« Die unabhängige Variable ist dann die Menge der gegessenen Nudeln, die abhängige Variable ist die erreichte Zeit beim Marathon.

Der Gedankengang ist dabei so: Wie schnell man den Marathon läuft, ist abhängig von der Menge an verspeisten Nudeln, also ist die Laufzeit die abhängige Variable. Wenn Sie nun aber am Abend vorher um 19:00 Uhr mehrere Teller Spagetti verdrücken und dann am nächsten Morgen zwei Tassen Kaffee trinken, bevor Sie zum Rennstart aufbrechen, ist das Experiment nutzlos.

Und wieder werden Sie fragen: »Warum ist das Experiment nutzlos?« Nun, indem Sie den Kaffee trinken, haben Sie eine zweite unabhängige Variable ins Experiment gebracht. Wenn Sie das Rennen nun schneller laufen, wissen Sie nicht, ob die Ursache für die bessere Zeit nun der Bauch voll Nudeln ist oder die zwei Tassen Kaffee. Experimente können also nur eine unabhängige Variable enthalten. Wollen Sie die Auswirkungen von Koffein (oder extra Schlaf oder zusätzliches Training) auf die gelaufene Zeit ermitteln, müssen Sie ein zweites (oder drittes oder viertes) Experiment planen und durchführen. Das zweite Experiment würde dann die Hypothese »Der Konsum von Koffein vor einem Marathon verbessert die gelaufene Zeit« zugrunde haben. Wenn Sie etwas über die Auswirkungen von zusätzlichem Schlaf in Erfahrung bringen wollen, müssen Sie ein drittes Experiment mit der Hypothese »Eine Verlängerung der Schlafdauer um drei Stunden in der Nacht vor dem Rennen verbessert die Laufzeit« durchführen. Wollen Sie nun die Auswirkungen von zusätzlichem Training kennen lernen, steht ein viertes Experiment mit der Hypothese »Ein verbessertes sechsmonatiges intensives Training verbessert die Laufzeit eines Marathons« an. Kapiert?

Natürlich müssen diese Experimente viele Male mit vielen verschiedenen Läufern durchgeführt werden, um den Unterschied statistisch signifikant zu validieren. Die *statistische Signifikanz* ist ein mathematisches Maß für die Gültigkeit eines Experiments. Wird ein Experiment öfters wiederholt und die Ergebnisse bewegen sich dabei in einem engen Raum, werden die Ergebnisse als signifikant bezeichnet, nachdem sie statistisch – Statistik ist ein Zweig der Mathematik – ausgewertet worden sind. Schwanken die Ergebnisse nun aber sehr stark, sind die Ergebnisse nicht signifikant, weil aus den Daten keine definitive Schlussfolgerung gezogen werden kann.

Sobald das Experiment ordentlich aufgebaut ist, können Sie damit beginnen, die aus dem Experiment gewonnenen Informationen im Auge zu behalten. In unserem Marathonexperiment, ob das Essen von Nudeln am Abend vor dem Lauf die Zeit verbessert, würden Sie planen, dass Sie am Abend vorher einen Teller Nudeln essen und am nächsten morgen nur ein Glas Wasser trinken. Sie könnten dann Ihre Zeiten auf jedem der 42 Kilometer während des Rennens aufzeichnen. Beim nächsten Marathon (Mensch, was haben Sie für eine Kondition!) essen Sie am Abend vorher nur Fleisch, trinken aber am Morgen drei Espressos. Wiederum zeichnen Sie auf jedem Kilometer der Laufroute die gelaufene Zeit auf.

Aber was machen Sie nun mit den gewonnenen Daten aus den Experimenten? Nun, Sie können zum Beispiel ein Diagramm zum visuellen Vergleich der Daten von zwei oder mehr Experimenten erstellen. Dabei werden die unabhängige Variable auf der *X*-Achse (die horizontal verläuft) und die abhängige Variable auf der *Y*-Achse (die vertikal verläuft) eingezeichnet. Bei den Experimenten, bei denen die Zeit für einen Marathon nach dem Essen von Nudeln am Abend vorher, nach dem Trinken von Kaffee, nach einigen Stunden zusätzlichem Schlaf oder welche unabhängige Variable Sie auch immer gewählt haben, würden die Kilometer 1 bis 42 auf der *X*-Achse aufgetragen. Die Kilometerzahl ist in allen Experimenten dieselbe, da nun mal ein Marathon 42,195 km lang ist. Die Laufzeit würde dementsprechend auf die *Y*-Achse aufgetragen. Die Daten unterscheiden sich je nachdem, was die Läufer vor dem Lauf getan haben, sei es eine Diät, extra Schlaf oder zusätzliches Training. So können Sie mehrere unabhängige Variablen in einem Diagramm darstellen, indem Sie für die Linien unterschiedliche Farben oder Formate wählen. Ihr Diagramm könnte in etwa so wie das in Abbildung 1.2 aussehen.

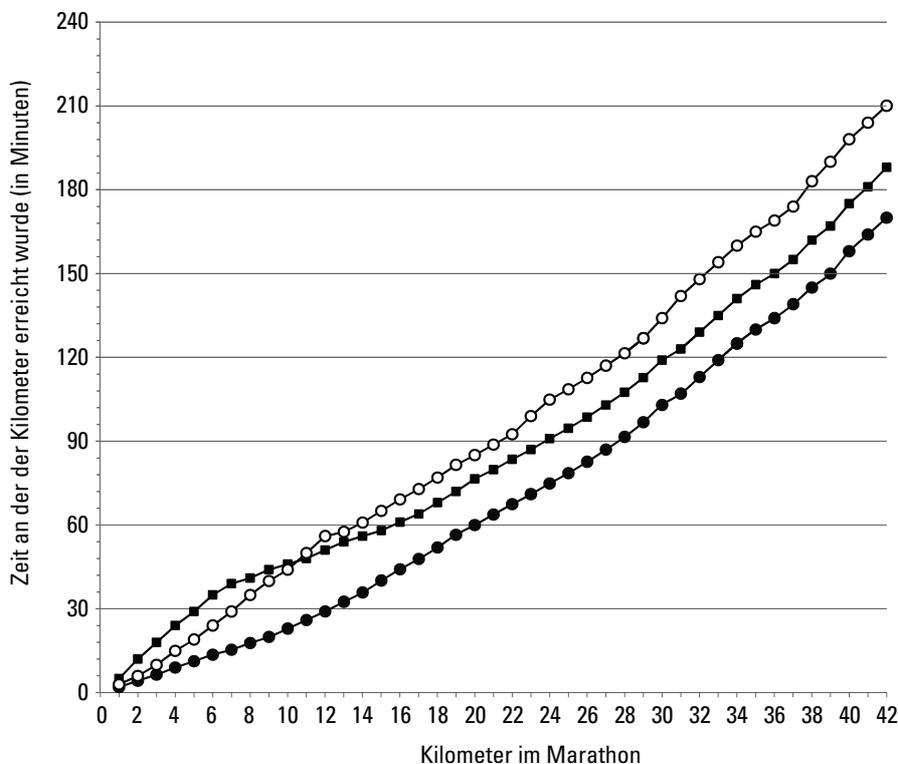


Abbildung 1.2: Das Diagramm zeigt die Zeit, in der jeder Kilometer des Marathons erreicht wurde, für einen Läufer, der vor dem Lauf Nudeln gegessen hatte (Linie mit den weißen Kreisen), für einen Läufer, der vor dem Lauf Kaffee getrunken hatte (Linie mit schwarzen Quadraten), und einem Läufer, der vor dem Lauf vier Stunden länger geschlafen hatte (Linie mit schwarzen Kreisen)

Und wie wissen Sie jetzt, ob die Laufzeiten entweder durch die Nudeln oder den Kaffee verbessert wurden? Dazu müssten Sie einen Marathon laufen, bei dem Sie am Abend vorher keine Nudeln essen und am Morgen vor dem Lauf keinen Kaffee trinken. (Sind Sie noch nicht erschöpft?) Dieser Marathon wäre Ihre *Kontrolle*. Die Kontrolle ist eine Reihe von Basiswerten die mit den Daten aus den verschiedenen Experimenten verglichen werden. Ansonsten könnten Sie nicht sicher sagen, ob die Ergebnisse nun besser, gleich geblieben oder schlechter geworden sind.

Okay. Vielleicht brauchten Sie nach den Nudeln am Abend vorher weniger Zeit für jeden Kilometer des Marathons, doch die Laufzeiten nach dem Kaffee vor dem Start entsprechen denen der Kontrolle. Dies würde die erste Hypothese bestätigen, jedoch der zweiten Hypothese widersprechen. Es ist dabei nicht schlimm, wenn sich eine Hypothese als falsch erweist, solange sich die Information als hilfreich erweist. Denn zu wissen, was nicht funktioniert, ist genau so wichtig, wie zu wissen, was funktioniert.

Ihre *Schlussfolgerung* der beiden Experimente würde nun folgendermaßen lauten: »Der Genuss von Nudeln vor einem Marathon verbessert die Zeiten, aber der Genuss von Kaffee hat keine Auswirkungen.«

Bei wissenschaftlichen Experimenten müssen Sie jedoch Ihre Fehler zugeben. Dadurch können andere Wissenschaftler erfahren, was vielleicht die Ergebnisse beeinflusst haben könnte. Dann könnten sie, wenn sie Ihre Experimente wiederholen wollen, diese Fehlerquellen ausschalten und so bessere zusätzliche Informationen zum vorhandenen Wissen hinzufügen. Wenn Sie im Nudeln-oder-Kaffee-Marathon-Experiment am Abend vorher Nudeln gegessen und am Morgen vorher Kaffee getrunken hätten, wäre ihr größter *Fehler* dabei, dass Sie mehr als eine unabhängige Variable im Experiment gehabt hätten.

Ein weiterer Fehler wäre ein zu kleiner Experimentumfang. Ein genaueres Ergebnis könnte erzielt werden, wenn man die Laufzeiten für jeden Kilometer nicht nur von einem, sondern von vielen Läufern unter denselben Bedingungen (zum Beispiel haben sie die gleiche Menge an Nudeln am Abend vor dem Lauf oder die gleichen Mengen an Koffein am Morgen vor dem Lauf zu sich genommen) aufzeichnet. Natürlich müssten von allen Läufern auch die Kontrollzeiten ohne Nudeln und Kaffee aufgezeichnet werden. Bei der Wissenschaft steckt der Teufel im Detail!

Der Fehler des Einen ist der Startpunkt des Anderen

Am Anfang des 20. Jahrhunderts fütterte ein russischer Forscher namens A. I. Ignatowski Kaninchen eine Ration aus Milch und Eiern. Er fand heraus, dass sich in den Aorten der Kaninchen dieselbe Art von Ablagerungen bildete, wie bei Menschen mit Arteriosklerose. Ignatowski war nicht dumm, jedoch nahm er an, dass die Arteriosklerose durch die Proteine in der Milch und in den Eiern ausgelöst wurde. Er lag falsch. Jedoch kannte ein anderer, jüngerer Forscher namens Nikolai Anichkow, der am selben pathologischen Institut arbeitete, die Arbeiten von Ignatowski. Anichkow und einige seiner Kollegen wiederholten Ignatowskis Untersuchung, außer dass sie die Kaninchen in drei Gruppen aufteilten. Die erste Gruppe erhielt einen Zusatz aus Muskelflüssigkeit, die zweite wurde ausschließlich mit Eiweiß gefüttert und die dritte Gruppe erhielt nur den Eidotter. Nur bei den Kaninchen aus der dritten Gruppe mit dem Eidotter entwickelten sich die Ablagerungen in den Aorten. Die beiden jungen Forscher wiederholten das Experiment, und dieses Mal untersuchten sie zusätzlich die Ablagerungen in den Aorten auf ihre Zusammensetzung. So fanden Anichkow und seine Kollegen 1913 heraus, dass das Cholesterin im Eidotter für die Ablagerungen in Aorten verantwortlich war. Obwohl die Verbindung von Cholesterin und Arteriosklerose nunmehr seit 90 Jahren bekannt ist, essen die Leute immer noch hoch cholesterinhaltige Nahrung. Eier enthalten zehn Mal so viel Cholesterin wie die gleiche Menge Rindfleisch, Fisch oder Geflügel. Und die Leute essen nicht nur einfach nur die Eier, sie essen auch viele Speisen, die aus Eiern hergestellt werden – Soßen, Suppen, Brot, Gebäck, Nudeln, Eiscreme und so weiter. Vielleicht wird der Fehler des Einen zum Startpunkt für eine bessere Ernährung des Anderen.

Einfach naheliegend: Die Beobachtung der Natur

Im Gegensatz zur Planung und Durchführung von Experimenten, dem Aufzeichnen und der Auswertung der Daten und der Darstellung der eigenen Fehler klingt das *Beobachten* von Lebewesen in der Natur sehr einfach. Je nachdem was untersucht wird, bietet die Beobachtung genauso brauchbare Informationen. So lässt sich zum Beispiel das Wissen über das Verhalten oder den Lebenszyklus von Tieren ermitteln. Will ein Forscher nicht die Umgebung des Tieres stören, so wählt er oder sie die Beobachtung, um mehr über das Leben der Tiere in ihrer Umwelt zu erfahren. Jedoch erfordert die Beobachtung Geduld und Zeit. Der Forscher muss detaillierte Notizen in Journalen oder Logbüchern über den Lebenswandel der Tiere über eine lange Zeit (meistens Jahre) aufzeichnen, damit seine Beobachtungen genau sind.

Ausrüstung bei biologischen Experimenten

Die Biologen haben zwar nicht gerade das Image, dass sie handwerklich begabt sind, trotzdem benutzen sie Werkzeuge. In ihrem Alltag gibt es zwar keinen Hammer, keine Stichsäge und keinen Schraubenschlüssel, aber dafür einige der folgenden Gegenstände und dazu einige neueste High-Tech-Ausrüstungen und Computer. Die Ausrüstung, die in den folgenden Abschnitten beschreiben wird, gehört zur Grundausrüstung, die Sie in jedem Labor finden werden. Sie ist für die grundlegenden biologischen Untersuchungen wie die Darstellung von Zellen und Organellen, zur Vorbereitung von Zellproben oder Körperflüssigkeiten, zur Probennahme sowie zur Ansetzung von Chemikalien notwendig.

Unter der Lupe: Das Mikroskop

Mikroskope sind bei der Untersuchung von Lebewesen extrem wichtig. Biologen verwenden verschieden starke Mikroskope, um sich die Organismen und Proben näher anzuschauen. Ich meine hier nicht die einfachen *Lichtmikroskope*, die Sie vielleicht damals in der Schule hatten, obwohl man mit diesen auch Zellen betrachten kann. Ich meine hoch-technisierte, extrem teure und empfindliche Geräte, die auch den kleinsten Teil einer Zelle deutlich darstellen können.

Anstelle von Lichtstrahlen, die bei den normalen Lichtmikroskopen zur Beleuchtung der Probe verwendet werden, benutzen *Elektronenmikroskope* Elektronenstrahlen, das sind kleinste, negativ geladene Teilchen (ich zeige Ihnen mehr über Elektronen in Kapitel 3). Mit den Elektronenstrahlen können die kleinsten Details von Zellen deutlich dargestellt werden und man kann sogar große Moleküle erkennen (mehr über Moleküle ebenfalls in Kapitel 3).

Die kleinste Größe, die man mit dem nackten Auge ausfindig machen kann, ist 0,2 mm, das sind auch 200 Mikrometer (μm). Das entspricht in etwa einer Rippe Ihres Fingerabdruckes. Mit Lichtmikroskopen können Zellen 1000-fach vergrößert werden. Obwohl die in diesen Mikroskopen eingebauten Linsen rechnerisch größere Vergrößerungen erreichen können, sind die Lichtstrahlen nur in einem bestimmten Längenwellenbereich, dem sichtbaren Spektrum, sichtbar und damit im Lichtmikroskop erkennbar. Mit der kürzesten Wellenlänge (das entspricht der violetten Farbe), die die höchste Auflösung im sichtbaren Bereich des

Lichtes darstellen kann, können in Lichtmikroskopen Strukturen bis zu 0,2 Mikrometer dargestellt werden. Das entspricht 0,0002 mm.

Für Strukturen, die kleiner als 0,2 Mikrometer sind, müssen Elektronenmikroskope verwendet werden. Mit Elektronenmikroskopen können Objekte bis zu einer Größe von nur 0,2 Nanometer (nm) dargestellt werden, das entspricht 0,0000002 mm. Im Vergleich zum Lichtmikroskop können Elektronenmikroskope Dinge 1.000 Mal größer darstellen, insgesamt also 200.000-fach vergrößern (eben bis zu 0,2 nm, auch ein fünfmillionstel Millimeter).

Es gibt mehrere Arten von Elektronenmikroskopen. Die zwei wichtigsten sind: Das Transmissionselektronenmikroskop und das Rasterelektronenmikroskop.

- ✓ Beim *Transmissionselektronenmikroskop* werden die Elektronenstrahlen durch die Probe hindurch geschickt. Dazu muss die Probe sehr dünn geschnitten (max. 1 µm) und mit Schwermetallen wie Uran behandelt werden. Im Mikroskop wird dann der Elektronenstrahl mit Elektromagneten gebündelt und durch die Probe geschickt. Da die Elektronen nicht durch das Schwermetall hindurchkönnen, erscheinen die Zellstrukturen, an denen sich das Schwermetall anlagert, auf dem Schirm dunkel. Aufgrund dieses Prinzips sind mit dem Transmissionselektronenmikroskop nur Querschnittsaufnahmen des zu untersuchenden Objekts möglich.
- ✓ Beim *Rasterelektronenmikroskop* wird mit einem Elektronenstrahl die Oberfläche des zu untersuchenden Objekts abgetastet. Dazu wird auf die Probe eine dünne Schicht Metall aufgetragen. Aus dieser Schicht schlägt der Elektronenstrahl Elektronen heraus, die ihrerseits ein dreidimensionales Bild der Oberfläche des Objekts erzeugen. Oft werden diese Bilder noch digital nachbearbeitet und eingefärbt. Dies ergibt dann die spektakulären Aufnahmen, die Sie öfters in Zeitschriften zu Gesicht bekommen.

Was soll ich mit so Zeugs wie Plättchen, Reagenzgläsern und Petrischalen?

Um eine Probe zu untersuchen, muss diese – egal ob es sich dabei um Blut, Schleim, Hautzellen oder Urin handelt – in oder auf irgendetwas platziert werden. Man kann (und will) das Zeug ja nicht einfach in der Hand halten.

Wenn die Probe unter einem Mikroskop betrachten werden soll, werden einige Zellen sanft auf ein Glasplättchen (Objektträger) geschmiert und mit einer Chemikalie fixiert, so dass sich die Zellen nicht mehr bewegen können. Dann wird die Probe mit einem dünnen Deckgläschen abgedeckt. Manchmal muss die Probe *zentrifugiert* werden – also sehr schnell gedreht werden, um Flüssigkeiten und Feststoffe voneinander zu trennen – oder ihr müssen noch Lösungen zugeführt werden. Dabei wird die Probe meistens in ein Teströhrchen platziert. Wenn eine Probe vor der Untersuchung noch heranwachsen muss (wenn Sie zum Beispiel eine bakterielle Infektion haben und Ihr Arzt ist nicht sicher, um welches Bakterium es sich dabei handelt, und er deshalb nicht weiß, welches Antibiotikum er verschreiben soll), werden die Proben *kultiviert*.

Bei der Kultivierung wird eine Petrischale mit einem Medium – zum Beispiel eine Nährlösung in einem nahrhaften, festen Gel wie zum Beispiel Agar – mit der zu untersuchenden

Probe *beimpft*, verschmiert oder angepresst. Dann muss die Petrischale bei der Körpertemperatur der zu untersuchenden Art (beim Mensch zum Beispiel 37 °C) für ungefähr 24 bis 72 Stunden gelagert werden, bis die Probe herangewachsen ist. Danach können eine Reihe von Tests mit der Probe durchgeführt werden, um festzustellen, um was für einen Organismus es sich bei der Probe handelt.

Machen wir es bunt: Farbstoffe und andere Indikatoren

Farbstoffe sind Chemikalien, die bestimmte Strukturen in einer Zelle anfärben, die dann unter einem Mikroskop besser erkannt werden können. In einigen Fällen können so normalerweise unsichtbare Strukturen in einer Zelle sichtbar gemacht werden. Einige häufig verwendete Farbstoffe enthalten Jod und Methylenblau. Wird Jod auf eine stärkehaltige Probe gegeben, zum Beispiel eine Kartoffel, so wird die Probe blau.

Indikatoren sind bereits fertige Lösungen oder Papiere, die dazu verwendet werden, um chemische Eigenschaften wie Säuregehalt oder Zusammensetzung festzustellen. Lackmuspapier ist ein häufig verwendetes Beispiel. Taucht man Lackmuspapier in eine Lösung und es verfärbt sich rot, so ist die Lösung sauer. Wird es blau, so ist die Lösung basisch. Beim Indikatorpapier für den pH-Wert gibt es eine Reihe von Farben, die dann dem ungefähren pH-Wert einer Lösung zugeordnet werden können.

Achtung, scharf! Klemmen, Sonden und Skalpelle

Ja, manchmal müssen Tiere *seziert* werden, oder anders gesagt: auseinander geschnitten werden, um mehr über den Aufbau des Organismus zu erfahren oder um die sezierende Person besser auszubilden. Doch obwohl die Wissenschaftler heutzutage eine Menge über den Aufbau von Tieren wissen, müssen auch heute noch Sektionen durchgeführt werden, denn man lernt dabei nicht nur etwas über den Aufbau des Tieres, sondern es geht vor allem um die Technik.

Um eine Sektion durchzuführen, wird der Organismus (der vorher eingeschläfert und in Formaldehyd konserviert wurde) auf einen Seziertisch befestigt. Ein *Skalpelle* besitzt eine extrem scharfe Klinge, mit der Haut, Muskeln und Organe sauber aufgeschnitten werden können. *Klemmen* dienen dazu, Gewebe aus dem Arbeitsgebiet zu halten oder um Struktur aufzuheben. Mit einer *Sonde* kann Bindegewebe entfernt werden oder ein Organ angehoben werden, bevor man es öffnet.

Zum Mischen: Bechergläser, Flaschen und Bunsenbrenner

In Kapitel 3 erfahren Sie, dass sich Chemie und Biologie teilweise überlappen. In Biologielaoren findet man deshalb häufig die Ausrüstung, die man eher im Chemielabor erwarten würde. Und auch Biologen setzen Lösungen und Chemikalien an.

Bechergläser werden dazu verwendet, um die darin enthaltene Flüssigkeit in etwas anderes zu gießen (deshalb besitzen sie am oberen Rand auch einen Ausguss). *Flaschen* besitzen einen dünnen Hals und werden dann verwendet, wenn eine Lösung nicht herauspritzen soll

oder wenn der Behälter an eine andere Stelle im Experiment angeschlossen werden soll. *Bunsenbrenner* sind Hitzequellen. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem Zylinder, der an einer Gasquelle angeschlossen ist. Wenn die Gasleitung geöffnet wird, wird am Bunsenbrenner eine Flamme mit Hilfe eines Funkens entzündet, die dann die Lösungen erhitzt. Aber warum müssen Lösungen erhitzt werden? Manchmal muss die Lösung gekocht werden, um ein Gas freizusetzen oder um darin gelöste Feststoffe herauszubekommen.

Wissenschaftliche Informationen finden

Ein Wissenschaftler muss seine Forschungsergebnisse veröffentlichen. Dabei werden die Arbeitsergebnisse, Fehler und alles andere Wichtige allen anderen Wissenschaftlern dargestellt. Sonst würde niemand wissen, welche Arbeiten mit welchem Ergebnis durchgeführt wurden. Andere Wissenschaftler könnten nämlich am selben Problem arbeiten und davon profitieren zu erfahren, wie andere das Problem angegangen sind. Die Wissenschaftler müssen die Ergebnisse der anderen zu Gesicht bekommen, aber sie arbeiten nicht alle im selben Labor. Also brauchen sie Möglichkeiten, mit anderen Wissenschaftlern weltweit zu kommunizieren.

Fachzeitschriften zeigen Forschung, keine Träume

Es gibt hunderte Fachzeitschriften, die jedes erdenkbare Thema oder jede Nische in der Biologie, Chemie, Physik, im Ingenieurwesen usw. abdecken. Einige professionelle Organisationen veröffentlichen Fachzeitschriften, manche Universitäten oder Medizinzentren veröffentlichen Newsletter oder Zeitschriften, Forschungsunternehmen können Newsletter veröffentlichen und Medizin- und Wissenschaftsverlage veröffentlichen Zeitschriften. Es gibt also keinen Informationsmangel.

Für die Forschung sind die Fachzeitschriften die primäre Informationsquelle. Jeder, der an einem Thema arbeitet, sei es eine Hausarbeit an der Universität oder die Entwicklung eines neuen Feldexperiments, konsultiert zuerst die Fachzeitschriften. Diese Zeitschriften beinhalten die originalen Forschungsberichte, so dass die neuesten Informationen zu einem bestimmten Thema immer in einer Fachzeitschrift gefunden werden können. Dabei werden die Forschungsaufsätze immer mit dem gleichen Aufbau geschrieben: Zuerst eine Zusammenfassung (Abstract) der Arbeit, dann die Darlegung der Hypothese, es folgt eine Beschreibung der verwendeten Materialien und des Experimentaufbaus, danach die Ergebnisse inklusive Rohdaten, Grafiken und Tabellen und schließlich die Schlussfolgerungen und die Fehler.

Wichtige Fachzeitschriften sind zum Beispiel *Nature*, *Science*, *Cell*, *Proceedings of the National Academy of Science USA (PNAS)*, das *Journal of the American Medical Association*, das *British Medical Journal*, *The Lancet* und das *New England Journal of Medicine*. Bei den größeren Zeitschriften werden die einzelnen Beiträge durch Fachleute überprüft, bevor sie für die Veröffentlichung akzeptiert werden. Dazu bewerten Wissenschaftler aus dem gleichen Arbeitsgebiet die Durchführung und die Ergebnisse und stellen somit sicher, dass die Arbeit den wissenschaftlichen Ansprüchen genügt und zum Wissensschatz beiträgt. Werden die strikten Kriterien nicht eingehalten, kann ein Wissenschaftler seine Forschungsergebnisse

nicht veröffentlichen, was bedeutet, dass die Arbeit wiederholt werden muss (was Zeit und Geld kostet).

Fachbücher

Fachbücher werden als Zweitquellen für Informationen angesehen. Obwohl sie keine direkten Forschungsaufsätze beinhalten, werden sie oft von Experten auf dem entsprechenden Gebiet geschrieben. Die Fachbücher beinhalten das Wissen zu einem bestimmten Thema zum Zeitpunkt der Veröffentlichung und sind deswegen eine gute Quelle für die historische Entwicklung des Wissens zu einem Thema, für Grundlagenwissen und zur Zusammenfassung der Forschungen, die bislang im Gebiet stattgefunden hat.

Die Boulevardpresse: Bei Wissenschaftlern eher unbeliebt

Wenn Wissenschaftler eines hassen, dann ist es falsch zitiert und missverstanden zu werden (okay, das sind schon zwei). Wissenschaftler planen ihre Forschungen peinlich genau und nehmen sich viel Zeit, die Arbeit richtig durchzuführen. Manchmal konkurrieren Wissenschaftler in unterschiedlichen Arbeitsgruppen, um die Ergebnisse zu einem bestimmten Thema als Erste zu veröffentlichen. Aber normalerweise überstürzen Wissenschaftler ihre Arbeit nicht. Wissenschaftliche Arbeit kann auch nicht überstürzt werden, selbst wenn es die Wissenschaftler so wollten.

Wenn sich ein Journalist nicht die Zeit nimmt, die Fakten nochmals zu überprüfen und nicht dafür sorgt, dass die Information nicht missverstanden wird, ist das für einen Wissenschaftler sehr frustrierend. Wenn die Forschungsarbeit dazu gedacht war, den Wissensstand zu erweitern, und Journalisten ihre Arbeit als »grundlegend« oder als »den großen Durchbruch« bezeichnen, werden Wissenschaftler sauer. Und das mit gutem Grund. Große Durchbrüche oder grundlegende Forschung ereignen sich sehr selten. Meistens werden nur kleine Stücke dem Wissensstand zugefügt, die als Ausgangspunkt für weitere Forschungen genutzt werden können, oder sie trägt zur Entwicklung eines neuen Produkts bei. Die Ergebnisse mögen zwar für den Journalisten »faszinierend« sein, aber der Wissenschaftler möchte nicht von seinen Kollegen verachtet werden, auf die er sich für neue Informationen verlassen muss.

Populäre Presse wie Wochenmagazine, Zeitungen, das Fernseh- oder Radioprogramm werden als tertiäre (drittklassige) Informationsquellen angesehen. Natürlich gibt es auch Informationen aus diesen Quellen, nur sind diese nicht so zuverlässig wie die aus der ursprünglichen Forschung. Es gibt immer die Möglichkeit, dass Tatsachen durch den Journalisten falsch wiedergegeben worden sind, als er versuchte, die Information aus der Forschung zu interpretieren, was bedeutet, dass der Bericht im Magazin falsch ist. Es ist wie beim »Stille Post« spielen, wo am Ende der Kette eine völlig andere Information herausgekommen ist, als am Anfang hereingesprochen wurde. Man verlässt sich am besten auf die Originalquelle.

Das Internet war nicht als Werbeplattform gedacht

Wenn Sie sich Webseiten ansehen, sehen Sie Reklamen am Rand, erhalten Spam-E-Mails, und man findet sehr viel Unbrauchbares. Ursprünglich aber war das Internet dazu gedacht, alle Universitäten der Welt miteinander zu verknüpfen, damit Forscher ihre Ergebnisse schneller austauschen können, als es die Erscheinungstermine der Zeitschriften zulassen. Als dann die Möglichkeiten eines solchen weltweiten Datenzugangs offenbar wurden, entwickelte sich das Internet jedoch zu dem heute bekannten Zustand. Heute nutzen die Wissenschaftler zwar immer noch das Internet zum Teilen von Informationen, aber es gibt heute viel mehr Verkehr (und Reklamemüll) auf der Datenautobahn.

