

# ESS INSTINKT

---

Warum wilde Tiere wissen,  
was sie essen müssen,  
und was wir von ihnen  
lernen können

---

David Raubenheimer  
Stephen J. Simpson

**riva**

© 2020 des Titels »Essinstinkt« (978-3-7423-0832-0) by riva Verlag,  
Münchner Verlagsgruppe GmbH, München. Nähere Informationen unter: <http://www.mvg-verlag.de>

*Für Jacqueline, Gabriel, Julian, Jan und Fred*

— DR

*Für Lesley, Alastair, Nick und Jen*

— SJS

# Einführung

---

Stella lebte in einer Gemeinschaft am Stadtrand der südafrikanischen Metropole Kapstadt. Sie war eine von 25 Erwachsenen, die miteinander insgesamt beeindruckende 40 Kinder hatten. Es war ein beschaulicher Ort am Fuße des Tafelbergs, inmitten von Weinbergen, Pinienwäldern, Eukalyptushainen, natürlicher Fynbos-Vegetation und ein paar wenigen Vororten.

Caley Johnson war eine junge Anthropologiestudentin aus New York City. Sie schrieb ihre Abschlussarbeit über Ernährung der ländlichen Bevölkerung in Uganda, die sich fast ausschließlich natürlich ernährt. Ihre wissenschaftlichen Betreuer schlugen vor, es wäre interessant, wenn sie in ihrer Studie eine Vergleichsbevölkerung miteinbeziehen würde, bei der neben natürlichen Nahrungsmitteln auch zucker- und fetthaltige, verarbeitete Produkte auf dem Speiseplan stehen. So kam Caley nach Kapstadt, wo sie und Stella sich begegneten.

Bei Caleys Forschungsansatz, der auf ihrem Gebiet Standard ist, wurden die Probanden rund um die Uhr beobachtet. Dabei wurde festgehalten, welche Nahrungsmittel und wie viel von jedem sie aßen. Anschließend wurden die Nahrungsmittel im Labor hinsichtlich ihrer Nährstoffwerte analysiert, um so ein detailliertes Bild der Ernährung zu erhalten. Dennoch war diese Studie in einer Hinsicht außergewöhnlich: Anstatt verschiedene Personen an verschiedenen Tagen zu beobachten, entschied sich das Team dazu, die Ernährungsgewohnheiten eines einzigen Individuums in 30 aufeinanderfolgenden Tagen zu erforschen. So lernte Caley Stella und ihre Essgewohnheiten genauestens kennen.

Was sie sah, verblüffte sie. Stellas Ernährung war erstaunlich ausgewogen: In den 30 Tagen verzehrte sie mehr als 90 verschiedene Nahrungsmittel, wobei sie an jedem Tag unterschiedliche Kombinationen aus natürlichen und verarbeiteten Produkten zu sich nahm. So lag der Schluss nahe,

dass Stella nicht besonders wählerisch war und einfach aß, worauf sie Lust hatte. Die Zahlen, die aus dem Labor kamen, schienen dies zu bestätigen. Das Verhältnis von Fetten und Kohlenhydraten in Stellas Ernährung wechselte stark, was angesichts der großen Nahrungsvielfalt und der Unterschiede zwischen den jeweiligen Tagen im Rahmen der Erwartungen lag.

Doch dann stieß Caley auf etwas Unerwartetes. Als sie die tägliche Kalorienmenge aus Fetten und Kohlenhydraten zählte und diese Zahlen in einer Grafik mit der täglich verzehrten Eiweißmenge verglich, ergab sich ein deutlicher Zusammenhang. So stellte sich heraus, dass das Verhältnis von Eiweiß auf der einen Seite und Fetten und Kohlenhydraten auf der anderen Seite – ein wichtiger Indikator für eine ausgewogene Ernährung – den ganzen Monat über konstant geblieben war, ungeachtet dessen, was Stella zu sich genommen hatte. Außerdem entsprach das Verhältnis, das Stella tagtäglich verzehrte – ein Teil Eiweiß auf fünf Teile Fette und Kohlenhydrate – genau jenem Verhältnis, das als ausgewogen für eine gesunde Frau von Stellas Körpergröße gilt. Stella ernährte sich also keineswegs unüberlegt und nach Lust und Laune, sondern achtete peinlich genau darauf, nur das zu essen, was ihr guttat, und sie wusste genau, wo sie es herbekam.

Doch wie gelang es Stella, ihre Ernährung so haargenau zusammenzustellen? Caley wusste, wie schwierig es ist, Nahrungsmittel so zu kombinieren, dass sie eine ausgewogene Ernährung ergeben – sogar Diätspezialisten verwenden dazu Computerprogramme. Ob Stella insgeheim eine Ernährungsexpertin war? Im Grunde eine legitime Frage, aber Stella ist ein Pavian.

Eine verwirrende Geschichte, wenn man bedenkt, dass wir Menschen Ernährungsberatung in Anspruch nehmen, um uns ausgewogen zu ernähren (was nicht bedeutet, dass sie jedem gleichermaßen guttut). Unserem wilden Verwandten, dem Pavian, gelingt dies hingegen offensichtlich nur mit seinem Instinkt. Wie ist das möglich?

Bevor wir dieser Frage nachgehen, folgt hier erst eine weitere Geschichte, die sogar noch bizarrer ist. Sie beginnt mit einer Forensikerin an der Universität von Sydney namens Audrey Dussutour. Eines Tages nahm Audrey ihr Skalpell für ein Experiment in die Hand, um ein klebriges Stück Schleimpilz in kleine Stücke zu schneiden. Neben ihr auf dem Labortisch standen Hunderte von Petrischalen, fein säuberlich in Reih und Glied.

Mit einer Pinzette nahm Audrey jedes einzelne Stückchen des gelben Glibbers auf und legte es behutsam in die Mitte einer Schale, die sie an-

schließend verschloss. Die Schalen enthielten entweder kleine Eiweiß- oder Kohlenhydratwürfel oder eine Scheibe mit elf verschiedenen winzigen und gelartigen Nährwürfelchen mit unterschiedlichen Eiweiß- und Kohlenhydratanteilen. Als alle Schalen mit Schleimpilzstücken bestückt waren, stellte Audrey sie über Nacht in einen großen Karton.

Am nächsten Tag öffnete sie den Karton und stellte die Schalen wieder auf den Labortisch. Als sie sie etwas näher betrachtete, machte sie eine verblüffende Entdeckung: Jedes Stückchen Glibber hatte sich über Nacht verändert: Hatten die Schleimpilze zwei Nährwürfel erhalten – einen mit Eiweiß, einen mit Kohlenhydraten –, waren die Ranken der Klümpchen in Richtung der beiden Würfel gewachsen und zwar so, dass sie beide berührten und sich mit einer Mischung von beiden bedienen konnten. Diese Mischung enthielt genau zwei Teile Eiweiß und einen Teil Kohlenhydrate. Noch unglaublicher verhielt es sich mit den Glibberteilchen in jenen Petrischalen mit den elf verschiedenen Nährwürfelchen. Denn dort besiedelten die Ranken über Nacht nur jene Würfel, die eben dieses 2:1-Verhältnis enthielten, während sie die anderen Würfel vollkommen ignorierten.

Was ist so außergewöhnlich an einer Ernährung mit einem Verhältnis von zwei Teilen Eiweiß zu einem Teil Kohlenhydrate? Die Antwort erhielt Audrey, als sie Stückchen des Schleimpilzes auf Petrischalen legte, die mit unterschiedlichen Eiweiß- und Kohlenhydratanteilen bestückt waren. Am nächsten Tag waren manche Stückchen unverändert, während andere sich so stark entwickelt hatten, dass sie sich wie ein filigranes Netz aus pulsierenden gelben Fäden über die ganze Schale ausgebreitet hatten. Als Audrey später die dazugehörigen Wachstumszahlen verarbeitete, glich das Ergebnis den Konturen eines Berges. Die Zahlen zum Glibber auf einem Nährmedium mit zwei Teilen Eiweiß und einem Teil Kohlenhydrate bildeten die Spitze. Sobald sich das Verhältnis zugunsten des Kohlenhydratanteils veränderte oder sich umkehrte, war das Wachstum deutlich weniger stark. Anders ausgedrückt: Konnten die Schleimpilzteilchen sich ihre Nahrung selbst aussuchen, wählten sie genau die Nährstoffmischung, die für ein gesundes Wachstum erforderlich ist.

Audreys gelber Glibber mit dem erstaunlichen Ernährungswissen ist ein Organismus mit dem wissenschaftlichen Namen *Physarum polycephalum*, was übersetzt »vielköpfiger Schleim« bedeutet. Es ist die reale Version jener Substanz, die in dem Kinofilm *Blob – Schrecken ohne Namen* für Fu-

rore sorgte. Diese Schleimpilzart bekommt man zwar nur selten zu Gesicht, aber wie andere Schleimpilzarten (darunter auch die mit dem herrlichen Namen »Hexenbutter«) und Schimmelpilze leben diese Organismen ein verborgenes Dasein unterhalb von Blättern, Baumstämmen und der Erdoberfläche der Wälder überall auf der Welt. Es handelt sich dabei um einen einzelligen Organismus mit Millionen von Kernen, die aus winzigen Teilchen erwachsen können. Wie eine gigantische Amöbe dehnt er sich aus und bildet ein komplexes, netzähnliches Gebilde aus pulsierenden Röhren, die als Transportwege für die Nahrung dienen. Er bildet zudem Greifarme, die ausgestreckt werden, um Nahrung zu beschaffen. Faszinierend, aber auch ein wenig beängstigend.

Es mag ja irgendwie einleuchten, dass das Pavianweibchen Stella vernünftige Ernährungsentscheidungen treffen kann. Aber wie bitte sollte ein einzelliger Organismus ohne Organe und Gliedmaßen, ja sogar ohne Gehirn und zentrales Nervensystem, derart ausgefeilte Ernährungsentscheidungen treffen und auch noch ausführen können?

Das verblüffte uns ebenfalls, und deshalb fragten wir einen Experten.

Professor John Tyler-Bonner reichte Steve ein Laborbecherglas mit heißem Kaffee, den er frisch mit der Flamme eines Bunsenbrenners, der leise auf dem Labortisch aus Teakholz vor sich hin zischte, aufgebrüht hatte. Steve diskutierte Audreys Ergebnisse mit dem altehrwürdigen Guru der Schleimpilzbiologie in dessen Büro – einer Zeitkapsel, die heute noch genauso aussah wie an Johns erstem Arbeitstag an der Fakultät der Abteilung Ökologie und Evolutionsbiologie der Princeton University im Jahr 1947. Er gilt als Wegbereiter der Schleimpilzforschung, und seine Arbeit bildete die Grundlage für die Forschung von komplexen Entscheidungsfindungen in dezentralen Entitäten wie etwa Vogel- oder Fischeschwärmen, Menschenmengen oder weltweit operierenden Gesellschaften.

John erklärte, dass jeder Teil des Glibbers die eigene Nahrungsumgebung abtastet und entsprechend reagiert. Demzufolge handelt der ganze Glibber als wäre er ein einziges fühlendes Wesen, das sich die besten Nahrungsquellen heraussucht – eine ausgewogene Ernährung, die sich als günstig für die Gesundheit erweist – und alles ablehnt, was diesem Ziel zuwiderläuft.

Das ist, wie Sie vermutlich zustimmen werden, mehr als was so manchem fühlenden Wesen, das wir beim Namen nennen könnten, gelingt.

Und all das hat, wie Sie inzwischen vermutlich erkannt haben, mit ein und demselben Thema zu tun.

Warum haben wir, zwei Entomologen, ausgerechnet über die menschliche Ernährung, Nährwerte und Gesundheit ein Buch geschrieben – ein Thema, zu dem bereits so mancher Experte seinen Senf dazugegeben hat? Eigentlich war das gar nicht unsere ursprüngliche Intention. Während unseres Lebens als Wissenschaftler, vor allem in den ersten beiden Jahrzehnten unserer inzwischen 32-jährigen Zusammenarbeit, haben wir Insekten studiert, um eines der größten Rätsel in der Natur zu lösen: Woher wissen Lebewesen, was sie essen sollen? Wer diese Frage beantwortet, hat etwas Bedeutsames – und sogar etwas Nützliches – über das Leben an sich gelernt. Nicht nur für Insekten. Aber dazu später mehr. Lassen Sie uns am Anfang beginnen.

# KAPITEL 1

---

## Der Tag der Heuschrecken

Wir schreiben das Jahr 1991. Wir sitzen zusammen an Steves Computer in seinem Büro im naturhistorischen Museum der Universität von Oxford – demselben Ort, an dem 1860 Thomas Henry Huxley und der Bischof von Oxford, Samuel Wilberforce, ihre »Große Debatte« über Darwins Evolutionstheorie geführt haben. Dieses legendäre Treffen bleibt vor allem in Erinnerung wegen eines hitzigen Schlagabtauschs, in dem Wilberforce Huxley, Darwins »Bulldog« genannt, gefragt haben soll, welche seiner Großeltern von den Affen abstammten. Dem Vernehmen nach soll Huxley geantwortet haben, dass es ihm egal wäre, einen Affen als Vorfahren zu haben, er jedoch beschämt wäre, mit jemandem verwandt zu sein, der seine Begabungen dazu verwendete, die Wahrheit zu verschleiern.

Wir blickten gerade auf die größten Ernährungsexperimente zurück, die wir jemals durchgeführt hatten. An dieser Studie war eine besondere Heuschreckenart beteiligt, die sich – wie wir später erläutern werden – dafür als das ideale Tier erwies. Wir konnten nicht ahnen, dass noch bevor an diesem Tag unsere Sitzung zu Ende ging, die Samen für einen neuen Ernährungsansatz gesät sein würden, der sich stark auf Darwins Theorie bezog.

Wir suchten Antworten auf zwei Fragen. Erstens: Stellen sich Tiere bei dem, was sie essen, die Frage, was gut für sie ist? Zweitens: Was passiert, wenn sie – aus welchem Grund auch immer – nicht ihre gewohnte Nahrung bekommen, sondern eine andere? Sie werden erkennen, dass diese Fragen durchaus von großer Bedeutung sind.



Wir hatten im Labor 25 verschiedene Nahrungsmischungen sorgfältig zu- und vorbereitet, die unterschiedliche Eiweiß- und Kohlenhydratverhältnisse aufwiesen – die beiden wichtigsten Nährstoffe, die pflanzenfressende Insekten wie Heuschrecken essen. Das Spektrum reichte von eiweißreich und kohlenhydratarm (wie etwa Fleisch) bis hin zu kohlenhydratreich und eiweißarm (wie etwa Reis). Trotz der unterschiedlichen Zusammensetzung hatten die Mischungen große Ähnlichkeit: Sie waren trocken und körnig, etwa wie eine Fertigbackmischung vor der Hinzugabe der Flüssigkeit. Die Insekten schienen das Futter zu mögen.

Die Mischungen wurden den Larven bis zu ihrer Häutung angeboten, die davon so viel essen durften, wie sie konnten – allerdings nur von jener Mischung, die ihnen vorgesetzt wurde. So belief sich der Zeitraum auf mindestens neun Tage und höchstens drei Wochen, je nach Nahrung. Es war ein logistischer Kraftakt: Erst die penible Zu- und Vorbereitung von 25 verschiedenen Mischungen, dann die Fütterung jedes der 200 Insekten und anschließend die penible Messung der Menge, die jedes Tier jeden Tag gegessen hatte.

Während des Experiments verbrachten wir, zumindest gefühlt, endlose Stunden in einem engen, feuchten Raum im Inneren der Zoologieabteilung, in dem eine Temperatur von 32,2 °C herrschte; ein Klima, das der Entwicklung von Wüstentieren wie Heuschrecken zwar zuträglich ist, eine Freundschaft jedoch auf eine harte Probe stellt. Musik – John Cale und Talking Heads – sorgte dafür, dass wir nicht durchdrehen.

Die Heuschrecken lebten jeweils in einer eigenen Plastikbox, in der sich eine metallene Sitzstange, eine kleine Schale mit der zugewiesenen, auf ein Zehntelmilligramm abgewogenen Futtermenge und eine Wasserschale befanden. Jeden Tag tauschten wir die Futterschale jeder Heuschrecke aus und entfernten, wie penibel arbeitende Kanalisationsarbeiter, selbst die kleinsten Exkreme. Wir hielten die verzehrte und ausgeschiedene Menge fest, indem wir die Futterschale vor und nach der Fütterung wogen, und analysierten die Exkremente. Jede Schale wurde in einem sogenannten Exsikkator getrocknet, um jegliche Feuchtigkeit zu entfernen, und dann erneut mithilfe einer elektronischen Waage gewogen, die auf ein Hundertstelgramm genau war.

Durch das Wiegen der Futterschale vor und nach der Fütterung konnten wir berechnen, wie viel das Insekt an dem Tag gegessen hatte – und so

mit auch die genaue Menge an Eiweiß und Kohlenhydraten bestimmen. So verfuhr wir tagein, tagaus mit allen 200 Heuschrecken, bis sie sich entweder erfolgreich gehäutet und zu flugfähigen Insekten entwickelt hatten oder bereits davor gestorben waren. Wir hielten fest, wie viele Tage dies dauerte, maßen das Gewicht der Tiere und analysierten, wie viel Fett und fettfreies Gewebe sie zugelegt hatten.

Schließlich saßen wir nebeneinander an Steves Computer, um unsere Schlüsse aus dem Experiment zu ziehen. Um die Ergebnisse zu verstehen, mussten wir erst einmal einen Blick auf das natürliche Umfeld der Heuschrecke werfen. Schließlich entwickeln sie sich normalerweise nicht in einem Kellerlabor in Oxford. Wie wir Ihnen in diesem Buch zeigen werden, hilft uns unser ganzes Wissen über Ernährung nichts, wenn wir den biologischen Kontext, in dem eine Art lebt, nicht verstehen – und das gilt auch für uns Menschen.

Zwei juvenile Heuschrecken irgendwo in Nordafrika. Eine der beiden wächst allein auf. Mancherorts hat es seit Monaten nicht mehr geregnet, und andere Heuschrecken sind rar. Sie hat eine wunderhübsche grüne Schattierung, sodass sie im Grün der Vegetation kaum auffällt. Sie führt ein solitäres Dasein, ist scheu und wird von anderen Heuschrecken zurückgewiesen. Aus gutem Grund: Eine einzelne Heuschrecke kann sich gut verstecken, größere Gruppe ziehen die Aufmerksamkeit hungriger Vögel, Eidechsen und Jagdspinnen auf sich.

Anderswo wächst eine andere Heuschrecke in der Gruppe auf. Der letzte Regen ist noch nicht lange her, und Heuschrecken wie sie gibt es jetzt in Hülle und Fülle. Alle machen sich über die üppige Vegetation her. Sie ist eine Partymaus – auffällig gefärbt, sehr aktiv und von Gruppen angezogen. Diese Gruppen bilden zunächst Marschkapellen, aber sobald sie ausgewachsen sind, verwandeln sie sich in fliegende Schwärme, die über große Teile Afrikas und Asiens ziehen können. An einer Wanderheuschreckenplage in Nordafrika können Trilliarden Insekten beteiligt sein, die an einem einzigen Tag so viel verspeisen wie die gesamte Bevölkerung von New York in einer ganzen Woche! Ackerflächen verwüsten sie im Nu – die Heuschrecken, nicht die New Yorker.

Die beiden Heuschrecken gehören nicht verschiedenen Arten an (wie zunächst angenommen wurde), sie könnten sogar Geschwister sein. Jedes Exemplar dieser Art hat das Potenzial, entweder zu einem scheuen, grü-

nen Grashüpfer oder zu einem extrovertierten Herdentier heranzuwachsen. Entscheidend ist nur, ob es allein oder in der Gruppe aufwächst. Die Wandlung von einem solitären Wesen zu einem Herdentier kann schnell verlaufen. Setzt man einen solitären Grashüpfer in eine Heuschreckengruppe, würde er binnen einer Stunde von den anderen Heuschrecken eher angezogen als abgewiesen, und wenige Stunden später könnte er bereits ein Teil der Marschkapelle sein. Und in kürzester Zeit würde sich das grüne Tier in ein auffällig gefärbtes verwandelt haben.

Diese Verwandlung wird »Density Dependent Behavioral Phase Change« (dichteabhängiger verhaltensbezogener Phasenwechsel) genannt. Steve und sein Forscherteam haben Jahre gebraucht, um dieses Phänomen zu verstehen.

Eine der ersten Fragen, die wir uns stellten, lautete: Was bedeutet es, in einer Menge zu sein, die den Wandel herbeiführt? Welche Reize gehen von anderen Heuschrecken aus, welche die Wandlung auslösen? Ist es ihr Äußeres, ihr Geruch, ihr Ruf? Wir entdeckten, dass Berührung der ausschlaggebende Faktor ist. Ist die Menge an geeigneten Futterpflanzen begrenzt, werden solitär lebende Heuschrecken dazu gezwungen, näher zueinander nach Nahrung zu suchen, als es ihnen entspricht. Die versammelten Insekten rempeln sich dabei gegenseitig an, und genau dieser physische Kontakt führt zu einer Wandlung von Abstoßung zur Anziehung. Sind ausreichend solche gregäre Heuschrecken versammelt, fängt die ganze Gruppe plötzlich an gemeinsam zu wandern.

Wir fanden heraus, dass diese gemeinsame Entscheidung, auf Wanderschaft zu gehen, durch die Interaktion zwischen einzelnen Heuschrecken in der Menge heranwächst. Mit anderen Worten: Es gibt weder einen Anführer noch eine hierarchische Kontrolle. Die Entscheidung, zu wandern, entsteht einfach dadurch, dass die Heuschrecken ausnahmslos eine einfache Regel befolgen: »Schließ dich deinen Nachbarn an.« Ist eine gewisse Dichte erst einmal erreicht, können ein, zwei Neuankömmlinge die Wandlung zu einer kollektiven, abgestimmten Bewegung auslösen. Und der schreckliche Marsch beginnt.

Doch uns war immer noch nicht klar, *warum* die Heuschrecken die Regel befolgten, sich ihren Nachbarn anzuschließen. Wir nahmen an, dass dabei – wie so oft – Nahrung eine Rolle spielen könnte. Die wahre Antwort brachte unsere Studie über einen Verwandten der Heuschrecke: die Mormonen-Grille. Deren Antrieb erwies sich als ziemlich unheimlich.

Die Mormonen-Grille ist ein großes, flügelloses Insekt, das wie ein kleines Fass aussieht. Es lebt im Südwesten der USA und legt in großen Gruppen große Strecken zurück. Die Tiere werden so genannt, weil sie bei ihrer Entdeckung 1848 die Ernte der Mormonen zerstörten, welche sich in dem Jahr in Salt Lake niedergelassen hatten. Die Gemeinschaft stand der Zerstörung machtlos gegenüber und wäre dem Hungertod geweiht gewesen, wenn sich nicht urplötzlich ein Möwenschwarm über die Mormonen-Grillen hergemacht hätte. Anschließend errichteten die Mormonen in ihrem Tempel in Salt Lake City den Möwen zu Ehren ein Denkmal, das sich noch immer dort befindet. Darüber hinaus wurde die Möwe das Wappentier des Bundesstaats Utah – bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass Utah nicht am Meer liegt. Doch Möwen gibt es überall dort, wo sich größere Gewässer befinden.

Steve war in Utah, um zusammen mit seinen Kollegen Greg Sword, Pat Lorch und Iain Couzin das Verhalten von Mormonen-Grillenschwärmen zu studieren. Sie wollten herausfinden, aus welchem Grund die Grillen sich plötzlich entscheiden, sich den Nachbarn anzuschließen und loszumarschieren.

Wir wohnten dort in einem Motel und aßen Junkfood, das wir mit Bier hinunterspülten. Die Grillenschwärme waren riesig. Anhand von Funkverbindungen registrierten Greg und Pat, dass große Gruppen sich bis zu zwei Kilometer pro Tag in der spektakulären Landschaft mit ihrer Wüsten-Beifuß-Vegetation fortbewegten.

Dann bekamen wir einen Hinweis darauf, warum all diese Grillen wanderten: Wir sahen, wie eine Einzelgruppe fünf Tage lang eine Schnellstraße überquerte. Dabei wurden jene Tiere, die von Autos überfahren worden waren, von den nachfolgenden Artgenossen aufgefressen – und ebenfalls überfahren. In kurzer Zeit hatte sich eine dicke Schicht auf dem Asphalt gebildet und Räumfahrzeuge mussten zur Beseitigung des glitschigen Breis organisiert werden. Warum waren pflanzenfressende Insekten so gierig darauf, einander zu fressen, und nahmen dafür sogar einen Massensuizid in Kauf? Umso mehr, als es in der direkten Umgebung mit der üppigen Vegetation genügend Alternativen gab?

Wir hatten die gleiche Trockennahrung mitgebracht, die wir bei unserem Experiment in Oxford verwendet hatten, und stellten vor den heranziehenden Grillen Schalen mit dieser Nahrung auf. Das Ergebnis war

sehr aufschlussreich: Die Grillen ignorierten die Schalen mit der kohlenhydratreichen Nahrung, hielten aber bei jenen mit der eiweißreichen Nahrung an, um zu essen. Was war, abgesehen von unserem kleinen Buffet, die nächstgelegene hochwertige Eiweißquelle für jene Grillen? Die Grillen vor ihnen. Was sie zu ihrem Marsch zwang, war simpel: Wer nicht vorwärtsmarschiert, wird gefressen. Hält das Wesen vor dir an, wirst du dich gierig darauf stürzen, als wäre es eine Mahlzeit. Was die Grillen also zum Kannibalismus antreibt, ist ein unstillbarer Appetit auf Eiweiß.

Wir entdeckten, dass das Verhalten von Heuschrecken bei großem Appetit auf Eiweiß gleichermaßen grausam sein kann. Allerdings war es eine beiläufige Entdeckung, als Steve versuchte, jene Signale zu deuten, die Heuschrecken aussenden, sobald sie während einer Mahlzeit gesättigt sind. In einem Experiment kappte er in mühsamer Kleinarbeit bei einigen Heuschrecken die Nerven, die Empfindungen vom Hinterleib der Insekten zum Gehirn transportieren. Nach dem Eingriff stellte er alle operierten Heuschrecken zur Erholung zusammen in eine Box. Als Steve am nächsten Morgen hineinblickte, stellte er fest, dass bei allen Heuschrecken der Hinterleib hinter der Schnittstelle verschwunden war. Die Insekten hatten eine Art Gänseblümchenkranz gebildet, wobei sie den Hinterleib der jeweils vor sich befindlichen Heuschrecke gefressen hatten (die nichts gefühlt hat), während gleichzeitig der eigene Hinterleib von der jeweils nachfolgenden Heuschrecke verspeist worden war.

Gibt es bessere Tiere, um großen Ideen in der Ernährungswissenschaft auf den Grund zu gehen? Wenn von einer Spezies angenommen wird, dass sie gefräßig ist und so viel wie möglich von dem isst, was ihr angeboten wird, dann ist es die unersättliche Heuschrecke. Wir wissen aber auch, dass Heuschrecken gar nicht so einfältig sind. Sie können die Aufnahme gewisser Nährstoffe, vor allem Eiweiß, regulieren, auch wenn das bedeutet, dass sie ihre Nachbarn fressen müssen.

Was beweisen die Ergebnisse unseres großen Experiments? Bevor wir das herausfinden, bedarf es einer kurzen Einführung in die Ernährungslehre.

## Kapitel 1 auf einen Blick

---

1. Unsere Reise begann mit der Beschreibung unseres Heuschrecken-Experiments, eine völlig neue Herangehensweise in der Ernährungswissenschaft.
2. Wir fanden heraus, dass der Appetit auf Eiweiß hinter dem Ruf der Heuschrecke als Plage für die Landwirtschaft steckt.
3. Spielt dieser Appetit auf Eiweiß auch bei anderen Tieren eine bedeutende Rolle? Sogar bei uns Menschen?

# KAPITEL 2

---

## Kalorien und Nährstoffe

In Anbetracht der Tatsache, dass Ernährung so unfassbar kompliziert ist, möchten wir zunächst eine einfache Frage stellen: Warum essen wir überhaupt?

Heutzutage ist Nahrung zu einer Quelle großer Verwirrung und Angst geworden, was schrecklich schade ist, weil sie auch die Quelle für so viel Gutes, ja sogar Hervorragendes ist. Essen verbindet Menschen, sowohl sozial als auch kulturell. Essen macht viel Freude und bietet gleichzeitig den Stoff, der uns am Leben hält.

Energie ist das Bekannteste, was wir aus der Nahrung benötigen. Es vergeht kein Tag ohne Zahlen über unsere Lebensmittel, Mahlzeiten und jetzt auch über Menüs – wie mathematisches Graffiti, das sagt, wie viel Energie die Nahrung enthält, und strenge Ernährungsrichtlinien, die festlegen, wie viel davon wir essen sollten. Auf Etiketten wird das Wort *Energie* nur selten verwendet – der Begriff *Kalorien* ist Ihnen wahrscheinlich geläufiger.

Aber was ist eine Kalorie eigentlich? Sie ist einfach nur eine Energieeinheit: Eine Kalorie ist die Menge an Energie, die benötigt wird, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser (bzw. einem Liter) um 1 °C, von 14,5 °C auf 15,5 °C, steigen zu lassen. Ja, das ist in der Tat eine bizarre Währung, es sei denn, man zählt zu denen, die sich schon einmal gefragt haben, wie viel Nahrung benötigt wird, um das Wasser einer vollen Badewanne zu erhitzen. Die Einheit ist aber extrem genau, und das ist es, was wir Wissen-

schaftler mögen. Deshalb denken alle in Kalorien, auch wenn es schwer ist, sich eine Kalorie vorzustellen.

Um das Ganze noch verwirrender zu machen, wird meistens die Bezeichnung Kilokalorien (kcal) statt Kalorien verwendet. Vielleicht kennen Sie als Energiegehalt eines Lebensmittels auch die Angabe kJ (Kilojoule), jene Einheit, die Wissenschaftler neben kcal hauptsächlich verwenden. Noch weniger greifbar als diese Einheiten selbst ist deren Definition: 1 kJ ist die Energie, die benötigt wird, um 1 kg Gewicht durch eine Kraft von 1 N (Newton – selbst ein Maß für Schwerkraft) über eine Entfernung von 1 m zu bewegen. Ein Kilojoule entspricht also 0,239006 Kalorien (um genau zu sein).

In diesem Buch verwenden wir überwiegend »kcal«, wenn wir von einer Energieeinheit sprechen, aber bei wissenschaftlichen Ergebnissen bevorzugen wir »kJ«. Das bedeutet, dass wir die in Lebensmitteln enthaltene Energie auf der Grundlage ihrer theoretischen Wirkungskraft bestimmen – Wasser zum Erwärmen oder Gewicht zum Bewegen.

Jedes Lebensmittel, außer Wasser, das dennoch eins ist, enthält Kalorien. Ohne Energie wäre unser Körper zu nichts fähig – nicht einmal dazu, was Lebensmittel so bedeutsam macht: die Verwertung von Nährstoffen. Energie kommt aus den wichtigsten Nährstoffen in unserer Nahrung, den sogenannten Makronährstoffen, die ihrer chemischen Zusammensetzung nach alle unterschiedlich sind. Nach dem Verzehr dieser Brennstoffe – Eiweiß, Kohlenhydrate und Fette –, werden sie vom Körper in kleine Moleküle zerlegt, die anschließend in unseren Zellen verbrannt werden.

Makronährstoffe liefern jedoch mehr als nur Energie. Eiweiß und seine Bausteine, die Aminosäuren, liefern auch Stickstoff, mit dem wir andere wichtigen Dinge herstellen, wie etwa Hormone, Enzyme und die informationsspeichernden Moleküle DNA und RNA. Ohne Eiweiß könnten wir nicht leben.

Im Volksmund (und in vielen Ernährungsbüchern) sind Fette und Kohlenhydrate schon fast zu einem Synonym für »Kalorien« geworden. Doch sie sind mehr als das. Fette schützen uns vor Kälte, speichern Vitamine, schmieren die Haut und polstern unsere Augäpfel und Gelenke. Ihre Fettsäurebausteine bilden die Membran, die jede Zelle in unserem Körper umgibt, während spezielle Fette, *Sterine* genannt, als Botenstoffe helfen, die



komplexen chemischen Prozesse in unserem Körper, die uns am Leben halten, zu koordinieren. Wir können nicht ohne Fette!

Zu den Kohlenhydraten zählen außer Zucker auch Stärke und Ballaststoffe. Wie Eiweiß und Fette bestehen die meisten Kohlenhydrate aus kleineren Einheiten, in diesem Fall aus Einfachzuckern wie Glucose und Fructose. Die ernährungsphysiologischen Eigenschaften verschiedener Kohlenhydrate hängen davon ab, aus welchen Einfachzuckern sie bestehen und wie sie aneinandergereiht sind. Bei dem am häufigsten vorkommenden Kohlenhydrat auf unserem Planeten – dem Pflanzenstoff Cellulose – sind die Glucose-Einheiten so fest aneinandergereiht, dass wir sie nicht verdauen können.

Glucose ist besonders wichtig, weil es das wichtigste Kohlenhydrat für unseren Körper ist. Sie stellt nicht nur Energie bereit, sondern arbeitet mit dem Stickstoff aus dem Eiweiß zusammen, um DNA und RNA aufzubauen. Unser Körper kann Glucose erzeugen, indem er Eiweiß und Fette abbaut, sodass wir streng genommen keine Kohlenhydrate essen müssen, um Glucose zu erhalten. Das bedeutet aber nicht, dass wir gar keine Kohlenhydrate essen sollten, wie wir später zeigen werden.

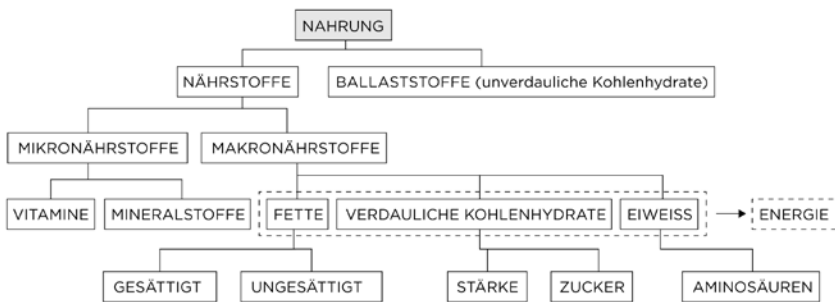


Abb. 1 Eine schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Nahrungsmitteln, Nährstoffen und Energie

Und das sind nur die Makronährstoffe. Vitamine und Mineralstoffe werden ebenfalls benötigt, wenngleich in winzigen Mengen im Vergleich zu den großen drei. Deshalb werden sie *Mikronährstoffe* genannt. Diese werden