

leicht in eine Schublade gesteckt werden können. Jedes real sozial vermittelte Lernen (etwa das Unterscheiden von Essbarem und Ungenießbarem durch Lernen von anderen) wird sehr wahrscheinlich gleichzeitig auf verschiedenen Typen von Lernen beruhen.

Vererbung durch die Weitergabe Verhalten beeinflussender Substanzen: Über die Vorliebe für Wacholderbeeren und Karottensaft

Wie werden Wissen, Gewohnheiten, Neigungen und Fertigkeiten von anderen gelernt? Um der Antwort näher zu kommen, wollen wir uns zunächst mit Nahrungsvorlieben beschäftigen, mit der kulinarischen Kultur verschiedener ethnischer Gruppen. Warum bevorzugen jemenitische Juden sehr scharfes Essen mit viel „Schug“ (eine Mischung aus gestoßenem scharfem Pfeffer, Koriander, Knoblauch und verschiedenen Gewürzen), während polnische Juden eine solche Schärfe überhaupt nicht mögen und stattdessen süßlichen Gefilte Fisch bevorzugen – ein Gericht, das viele jemenitische Juden vor Abscheu schaudern lässt? Dies erschöpfend beantworten zu wollen, ginge weit über das Anliegen dieses Buchs hinaus; gleichwohl können wir eine Teilantwort geben. Es ist nämlich so, dass die Art der Nahrungsmittel und Gerichte, an die Kinder in ihrer ersten Entwicklungsphase gewöhnt werden, ihre Ernährungspräferenzen als Erwachsene mitprägen und damit die kulinarischen Vorlieben bestimmen, die sie später den eigenen Kindern weitergeben.

Es ist erstaunlich, wie früh im Leben manche Nahrungspräferenzen erworben werden – weit früher als die meisten vermuten; wie früh, zeigen sehr schön einige Experimente mit Wildkaninchen. Deren Fruchtbarkeit ist legendär (und berüchtigt), doch als liebevolle Mütter sind sie nicht bekannt. Denn nach ihrer Geburt lassen die Weibchen ihre Jungen in verschlossenen Bauen zurück und erscheinen dort wieder für allenfalls fünf Minuten pro Tag, um die Säuglinge zu stillen. Schon im Alter von vier Wochen müssen die Jungen entwöhnt sein; denn nun ist ihre schon wieder trüchtige Mutter (sie hatte sich bereits wenige Stunden nach deren Geburt gepaart) damit beschäftigt, eine neue Kinderstube für ihren nächsten, bald erwarteten Wurf vorzubereiten. Dies bedeutet: Wenn die jungen Kaninchen ihre Umwelt außerhalb des Baues erkunden, erhalten sie wenig direkte Hilfe von ihrer Mutter. Doch obwohl in der Umgebung Pflanzen mit ganz unterschiedlichem Nährwert wachsen, möglicherweise auch giftige, scheinen die Jungtiere von Anfang an genau zu wissen, was schmeckt und bekömmlich ist. Das wissen sie deshalb, weil sie – lange vor Verlassen des Nests – von ihrer Mutter wertvolle Information über verschiedene Nahrungspflanzen erhalten haben.

Eine Gruppe europäischer Wissenschaftler führte Experimente mit Wildkaninchen durch, um Aufschluss darüber zu erhalten, wie Jungtiere Information über Futter erhalten; dazu verfütterten sie trächtigen Labor-Weibchen Wacholderbeeren⁶. Diese sind für Wildkaninchen ungefährlich und werden von ihnen auch natürlicherweise in freier Wildbahn gefressen. Wenn die Jungen der mit Wacholderbeeren gefütterten Weibchen

entwöhnt sind, bevorzugen sie von Anfang an diese Beeren gegenüber normaler Laborkost, obwohl sie ja zuvor keinen direkten Kontakt zu Wacholderbeeren hatten. Diese Präferenz zeigte sich auch dann, wenn die Neugeborenen der leiblichen Mutter weggenommen und einer „Leihmutter“ untergeschoben wurden, die ihrerseits niemals Wacholderbeeren zu fressen bekommen hatte und deren eigene Jungen auch keine Vorliebe für diese Beeren entwickelten. Zweifellos hatten die Jungen im Leib der mit Wacholderbeeren gefütterten Mutter spezifische Information über diese Nahrungsquelle erhalten – vermutlich über chemische Substanzen, die die Embryonen über Plazenta und Fruchtwasser erreichten. Die Jungen hatten diese Information allerdings nicht nur in der Zeit vor ihrer Geburt, sondern auch in den ersten vier nachgeburtlichen Wochen bis zur Entwöhnung erhalten, also bis zu dem Zeitpunkt, als sie selbst ihr Futter auswählen mussten.

Bei Wildkaninchen werden Vorlieben für bestimmtes Futter nicht allein dadurch ausgeprägt, was vor der Geburt geschieht. Die erwähnten Wissenschaftler schauten sich auch an, was während der Säugeperiode passierte; dazu nahmen sie einer normal gefütterten Mutter sofort nach der Geburt die Jungen weg und übergaben diese zum Säugen einer „Leihmutter“, die Wacholderbeeren erhielt. Nach der Entwöhnung, als die Jungtiere freie Futterwahl hatten, bevorzugten die Pflegejungen Wacholderbeeren. Das heißt also, obwohl sie täglich nur einige wenige Minuten von ihrer Leihmutter gesäugt wurden, entwickelten die Pflegejungen über diese eine Vorliebe für Wacholder. Diesen Experimenten war zwar nicht zu entnehmen, ob sich der Einfluss der säugenden Mutter über den Körpergeruch oder bestimmte Komponenten der Muttermilch übertrug; aber entsprechenden Untersuchungen mit Ratten zufolge ist es die Zusammensetzung der Muttermilch, die die Nahrungspräferenzen der Jungtiere beeinflusst. Doch ganz gleich, wie die Kommunikationskanäle im Detail verlaufen, fest steht, dass Kaninchen sowohl vor der Geburt im Mutterleib als auch später während des Säugens Information von ihrer Mutter darüber erhalten, was sie frisst.

Was auf Kaninchen zutrifft, scheint auch für Menschen zu gelten (Abb. 5.3). In einer Untersuchung präferierten sechs Monate alte Säuglinge von Müttern, die während der letzten drei Monate ihrer Schwangerschaft viel Karottensaft getrunken hatten, einen mit Karottensaft angerührten Getreidebrei gegenüber einem mit Wasser zubereiteten⁷. Dies war auch dann der Fall, wenn die Mütter nur in den ersten beiden Monaten der Stillperiode Karottensaft zu sich genommen hatten. Dagegen zeigten Säuglinge, deren Mütter nur Wasser getrunken hatten, keine bestimmten Vorlieben. Diese Befunde zeigen, dass sich Nahrungspräferenzen bei einigen Säugetieren, darunter der Mensch, sehr früh in der Ontogenese entwickeln: Die ersten Weichen werden bereits im Mutterleib gestellt, verstärkt werden sie dann durch Geschmacks- und Geruchsstoffe, mit denen die Kinder durch das Säugen in Kontakt kommen. Fruchtwasser, Plazenta und Muttermilch bieten also mehr als nur Nährstoffe – sie transportieren auch Information in Form von Spuren der Lebensmittel, die die Mutter gegessen hat. Diese Information trägt dazu bei, Vorlieben zu entwickeln, die sich in den Ernährungsgewohnheiten und der Esskultur der nachfolgenden Generation niederschlagen.

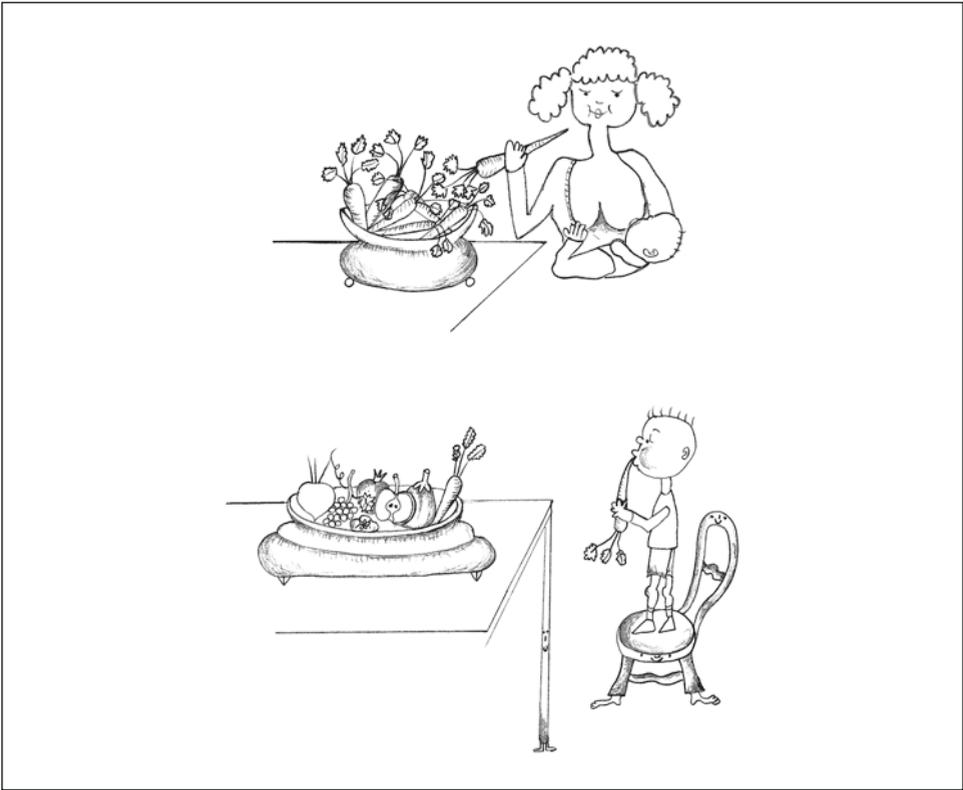


Abb. 5.3 Spuren von Lebensmitteln erreichen über die Muttermilch den Säugling (oben) und prägen dessen spätere Nahrungspräferenzen (unten).

Nahrungsrelevante Information kann auch auf anderen Kanälen übertragen werden, bei Nagetieren manchmal über Speichel und Atem der Mutter, wenn sie ihre Jungen leckt und diese an ihrem Maul schnuppern. Eine weitere Übertragungsmöglichkeit eröffnet sich über die Ausscheidungen: Viele junge Säugetiere fressen ihren eigenen Kot und den ihrer Mutter – ein Verhalten, das man als Koprophagie bezeichnet. Was primär unhygienisch anmutet, ist biologisch recht sinnvoll, denn diese Verhaltensweise erlaubt eine vollständigere Verwertung der Nahrung: Die Tiere extrahieren dadurch noch viele der zuvor nicht verdauten und resorbierten wertvollen Nahrungsstoffe. Bei pflanzenfressenden Tieren trägt die Koprophagie auch dazu bei, dass bestimmte Mikroorganismen, die notwendig sind, um (ansonsten unverdauliche) Zellulose abzubauen, von der Mutter zum Nachwuchs gelangen. Doch abgesehen davon können die Fäzes auch Informationsquelle über Futter sein; eine solche sind sie ganz bestimmt für junge Kaninchen. Kurz bevor diese die Welt auf eigene Faust erkunden müssen, deponiert ihre Mutter einige Kotballen im Nest, die die Jungen fressen. In den oben angesprochenen Experimenten tauschte man Kotballen von normal gefütterten Kaninchenmüttern gegen solche von Wacholdergefütterten aus; das Ergebnis: Nachdem die Jungtiere die Kotballen gefressen hatten,

zeigten sie eine starke Präferenz für Wacholder. Es scheint also so zu sein, dass eine Mutter durch das Absetzen von Kot im Nest ihren kurz vor der Unabhängigkeit stehenden Jungen eine letzte, aktuelle Information darüber gibt, was sie gefressen hat.

Aus evolutionärer Sicht ist die Existenz dieser Kommunikationskanäle, durch die in einem frühen Entwicklungsstadium für die Nahrungsauswahl relevante Information fließt, äußerst sinnvoll. Wenn die Neugeborenen vollkommen für sich selbst – durch eigenen Versuch und Irrtum – herausfinden müssten, welche Futterpflanzen günstig sind, machten sie mit großer Wahrscheinlichkeit einige unangenehme Erfahrungen und begingen unter Umständen sogar lebensgefährliche Fehler. Indem sie sehr früh von ihrer Mutter angeleitete Nahrungspräferenzen entwickeln, entgehen sie dieser Gefahr. Denn von der Mutter erhalten sie Information über sehr wahrscheinlich nahrhafte, ungiftige und weit verbreitete Futterpflanzen. Für ein unerfahrenes Jungtier ist es sehr günstig, zunächst diese „bewährten“ Futterpflanzen zu finden und erst später, wenn es erfahrener im Leben steht, neue, eventuell problematische Typen von Nahrung auszuprobieren⁸.

Die Information, die die Jungtiere über Plazenta, Muttermilch und Kot erhalten, lässt sie die gleichen Nahrungspräferenzen entwickeln wie ihre Mutter; auf diese Weise trägt diese Information dazu bei, familiäre Ernährungstraditionen zu bilden. Doch ändern sich Nahrungsvorlieben im Laufe des Lebens – wie das natürlich auch bei anderen Verhaltensweisen der Fall ist. Ein Großteil seines individuellen Verhaltensrepertoires formt ein Tier später durch ganz verschiedene Lernprozesse. Wir kommen darauf in Kürze zu sprechen, doch zunächst wollen wir das VVS charakterisieren, wie wir das auch für das genetische und die epigenetischen Vererbungssysteme getan haben.

Ganz offensichtlich ist Verhalten beeinflussende Information, die durch Plazenta, Muttermilch und Fäzes weitergegeben wird, holistisch und nicht modular organisiert. Die transportierte Substanz selbst ist einer der Bausteine, der es den Nachkommen ermöglicht, das Verhalten der Mutter zu rekonstruieren. Wenn die Substanz den Nachkommen nicht erreicht, ist dieser auch nicht in der Lage, das mütterliche Verhalten nachzuvollziehen (sofern die Information nicht auf anderem Wege kommuniziert wird). Dieses VVS ähnelt deshalb viel stärker der Vererbung durch selbsterhaltende Regelkreise oder struktureller Vererbung, also den beiden erstgenannten EVSs in Kapitel 4, als dem genetischen Vererbungssystem; und wie bei diesen beiden EVSs ist auch hier die Anzahl übertragbarer Varianten eines jeden phänotypischen Aspekts – also eines Verhaltenstyps wie der Nahrungspräferenz – ziemlich eingeschränkt. Gleichwohl ist die Zahl der Kombinationen verschiedener Präferenzen und Neigungen, die Individuen in einer Population zeigen können, unter Umständen sehr groß.

Zwei weitere Merkmale kennzeichnen dieses und andere verhaltensspezifische Vererbungssysteme; auch sie zeigen, wie stark sich VVSs vom genetischen Vererbungssystem unterscheiden. Erstens mag zwar verhaltensrelevante Information normalerweise von den Eltern zu den eigenen Nachkommen fließen, doch muss das nicht so sein. Beispielsweise kann eine Pflegemutter auch „adoptierte“ Junge mit bestimmten Milchbestandteilen versorgen. Zweitens – es geht um die Frage, wie Variationen entstehen – kann man bei

den VVSs kaum von blinder oder zufälliger Variabilität sprechen, weil die von den Nachkommen ererbte Information von der Mutter erworben und geprüft wurde und Variationen dieser Information Resultat ihrer eigenen Entwicklung und ihrer eigenen Lernprozesse sind. Es sind Abänderungen im elterlichen Verhalten, die neue Varianten schafft und in der nachfolgenden Generationen rekonstruiert werden können; und bei einer Verhaltensänderung ist ganz bestimmt kaum etwas zufällig.

Vererbung durch nichtimitierendes soziales Lernen: Über das Öffnen von Milchflaschen und das Ablättern von Kiefernzapfen

Die Weitergabe Verhalten beeinflussender Information beruht nicht nur oder nicht einmal hauptsächlich auf chemischen Substanzen, die von der Mutter zu ihren Nachkommen gelangen. Junge Vögel und Säugetiere erhalten auch dadurch Information, dass sie die Aktivitäten ihrer Eltern oder anderer Individuen, mit denen sie Kontakt haben, beobachten. Obwohl alle Jungtiere vermutlich auch ohne soziale Interaktionen lernen können – durch Versuch und Irrtum unter Eigenregie –, bleiben die meisten Jungvögel und jungen Säugetiere nicht sich selbst überlassen. Da angesichts ihrer Unerfahrenheit die Lebenswelt zu kompliziert und zu gefährlich ist, gesellen sie sich zu anderen und lernen von anderen – normalerweise (doch nicht immer) von ihren Eltern und Verwandten.

Bevor wir uns näher damit beschäftigen, wie Verhaltensweisen durch Lernen über oder von anderen weitergegeben werden, wollen wir uns Gedanken darüber machen, was genau bei diesem Typ von Vererbung übertragen wird. Im Falle der genetischen und epigenetischen Vererbungssysteme gelangt etwas Materielles von einer Generation zur nächsten: Information ist in DNA gespeichert, im Chromatin oder in anderen Molekülen und molekularen Strukturen. Dies trifft auch auf das oben besprochene VVS zu: Chemische Moleküle, die das Verhalten beeinflussen, gelangen von den Eltern zu den Nachkommen. Doch nun kommen wir zu Vererbungssystemen ohne materiellen Informationsfluss – Information fließt hier vielmehr darüber, was ein Tier sieht und hört. Doch ist dieser Unterschied hier überhaupt relevant? Wir meinen: nein. Denn in allen Fällen wird Information weitergegeben und erworben und in allen Fällen muss der Empfänger die Information deuten, wenn sie für ihn irgendeine Rolle spielt. Tiere können Information über Ohren und Augen sowie über DNA und Chromatin empfangen; und die Deutung der Information kann hier wie dort das Verhalten beeinflussen. Aus unserer Sichte unterscheidet sich deshalb die Informationsübertragung durch Beobachtungslernen nicht grundlegend von anderen Typen der Vererbung; sie alle schaffen übertragbare Variabilität, die über selektives Beibehalten und Ausschalten evolutionären Wandel herbeiführen kann.

Kommen wir nun auf das soziale Lernen junger Tiere zurück. Ebenso wie das Lernen durch Übertragen verhaltensbeeinflussender Substanzen erfolgt das soziale Lernen in frühen Lebensphasen normalerweise rasch, und wie dieses zeitigt es langfristige Effekte. Was man sich früh im Leben angewöhnt, lässt sich später häufig nur mit viel Mühe ver-

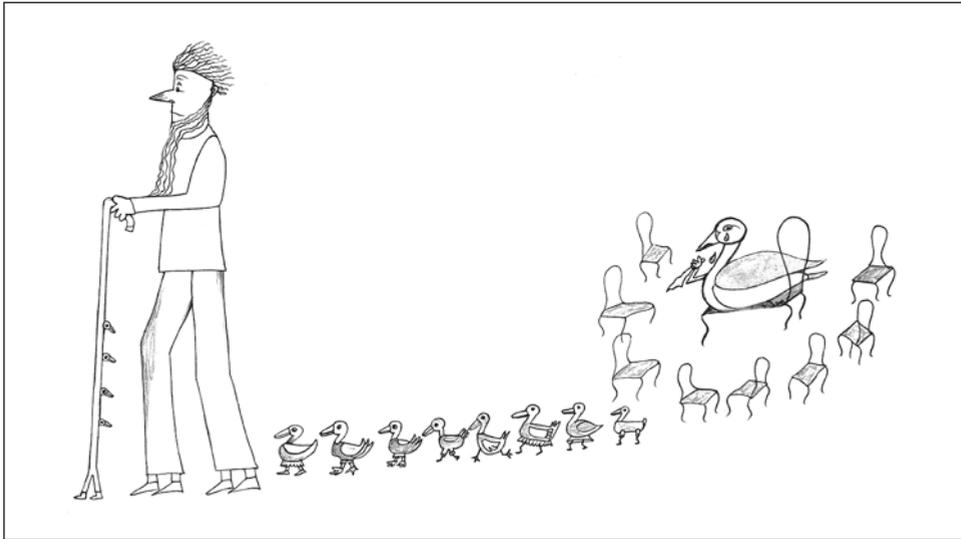


Abb. 5.4 Fehlgeleitete Nachfolgeprägung. Gänseküken folgen nicht ihrer Mutter, sondern dem Verhaltensforscher, den sie bald nach dem Schlüpfen als Ersten erblickt haben.

ändern; und Verhaltensweisen, die sich in jungen Jahren leicht erlernen lassen, erfordern später erheblich größeren Aufwand. Für einige Typen von Verhalten scheint es spezifische „Lernfenster“ zu geben, die in frühen Lebensphasen weit offen stehen, sich aber mit zunehmender Reife des Individuums immer weiter schließen. Das Lernen während solcher mehr oder weniger eng umschriebener früher Perioden wird als „Verhaltensprägung“ bezeichnet, denn es erfolgt so rasch und das erlernte Verhalten ist so stabil, dass es den Anschein hat, als hinterlasse der auslösende Umweltreiz dauerhafte „Spuren“ im kindlichen Gehirn⁹.

Ein sehr bekanntes Beispiel hierfür ist die „Nachfolgeprägung“ bei Geflügel. Einige Tage lang nach dem Schlüpfen folgen Hühner-, Enten- und Gänseküken ganz treu und beflissen ihrer Mutter und prägen sich dadurch deren Form, Gefiederfärbung, Rufe und Handlungen ein. Dies hat zur Folge, dass sie später das spezifische Erscheinungsbild und die Aktivitäten ihrer eigenen Mutter erkennen und darauf antworten. Allerdings kann es dabei auch zu Missgeschicken kommen (Abb. 5.4). Die meisten Zoologen kennen das Foto des bekannten österreichischen Verhaltensforschers Konrad Lorenz, wie er über eine Wiese marschiert und ihm dabei eine Schar von Graugansküken auf Schritt und Tritt folgt, als sei er ihre Mutter¹⁰. Erstmals untersucht und wissenschaftlich beschrieben hatte dieses seltsame Verhalten der schottische Biologe Douglas Spalding schon im späten 19. Jahrhundert: Er entdeckte, dass Enten- und andere Küken nach dem Schlüpfen auf das erste größere sich bewegende Objekt, das sie sehen, reagieren, indem sie diesem folgen und eine feste Beziehung zu ihm entwickeln¹¹. Spalding fand auch heraus, dass dieser spezifische Lernprozess auf ein sehr enges Zeitfenster begrenzt ist – auf die ersten drei Tage nach dem Schlüpfen. Klar, unter natürlichen Bedingungen handelt es sich bei