

# Lernen und Verhalten, Teil 16

## Gene: Vorstellung und Wirklichkeit \*

von Dina Berlowitz, Heinz Weidt

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Wissen um die Lehre der Vererbung enorm erweitert. Die Genetik kam in aller Munde, als im Jahr 2000 verkündet wurde, dass jetzt das Erbgut des Menschen entschlüsselt sei. Das Wort „Gentechnik“ als Methode zur Herstellung von Nahrungsmitteln oder Medikamenten ist im Alltag mittlerweile geradeso oft zu hören wie etwa das gentechnische Klonen, also die künstliche Vervielfältigung erbgleicher Organismen.

Dies alles erweckt den Eindruck, als wüsste man heute so ziemlich alles, was für das Verständnis des Lebens und seiner genetischen Grundlagen wichtig ist.

Der oftmals geradezu ehrfurchtsvolle Respekt vor der scheinbaren Macht der Gene steht aber in keinem Verhältnis zu den wissenschaftlichen Erkenntnissen, die nach dem Stand der Genforschung tatsächlich vorliegen.

Dieser Artikel befasst sich deshalb damit, auf ungewohnte, aber nachvollziehbare Art und Weise ein aktuelles Grundverständnis darüber herzustellen, was über die

Funktion von Genen wirklich bekannt ist, was sie sind und was nicht. Ohne unnötigen Ballast, aber auch ohne unzulässige Vereinfachung wollen wir für das Alltagsverständnis einen klaren, mehr prinzipiell ausgerichteten Blick dafür eröffnen, was vor allem für das Verhalten und Wesen unserer Hunde wichtig ist.

Wir werden dabei wieder einmal jene unbequeme Rolle übernehmen, Sie im wahrsten Sinne des Wortes zu ent-täuschen. So versuchen wir, Sie von solchen Täuschungen zu befreien, die für viele unter Ihnen so selbstverständlich und logisch sind, als wäre es sicheres Wissen oder gar die absolute Wahrheit. In diesem Geschehen sollten Sie nicht etwa einen Vorwurf sehen, sondern zunächst einmal erkennen, wie aus bisherigem

und fortgeschrittenem Wissen auf seltsame Weise wissenschaftliche Legenden und moderne Volksweisheiten entstehen.

Im Falle der Gene scheinen wir es gar mit einer eigenen „Genlogik“ zu tun zu haben. Lassen Sie sich also ent-täuschen und kommen Sie mit uns schrittweise zu kritischen Überlegungen und Einsichten. Diese sind für ein gemeinsames und weiterführendes Bemühen um unsere Hunde dringend nötig.

\* Die wesentlichen Aussagen dieses Artikels wurden von den Autoren bereits im Rahmen des Seminars „Das Wesen des Hundes“ am 24./25. April 2004 für die Interessengemeinschaft Kynologischer Organisationen im Kanton Bern (IGKO Bern) dargelegt.



## Geweckte Hoffnungen und enttäuschte Vorstellungen

Am 26. Juni 2000 wurde mit grossem Medienaufwand weltweit ein „Meilenstein in der Geschichte der Menschheit“ gefeiert. Der damalige US-Präsident Bill Clinton hatte in Begleitung von Vertretern der Wissenschaft offiziell die Entschlüsselung des menschlichen Erbgutes bekannt gegeben. Nach 10 Jahren intensivster Forschungsarbeit hat ein Multi-Millionen-Dollar-Projekt, das Human-Genom-Projekt, nunmehr zum „Buch des Lebens“ geführt. So jedenfalls die überschwänglichen Verlautbarungen und weit verbreiteten Medienmitteilungen. Und wahrlich, es wurde eine grosse wissenschaftliche, vor allem technische Leistung vollbracht. Dass hier gleichzeitig eine politische und gesellschaftliche Inszenierung stattfand, mag nicht jedem aufgefallen sein. Auch nicht der Versuch, damit eine Schlammschlacht zwischen verschiedenen Interessensgruppen zu beenden, was dann schliesslich in ein befremdliches Ringen um Patentansprüche für natürliches Leben überging.

Im Sog der Aufmerksamkeit standen vor allen Dingen die geweckten Hoffnungen, welche immense Kräfte des Fortschritts und des Heilens versprochen.

So wurden auch in den nachfolgenden Jahren zahlreich immer wieder neue Gene entdeckt, die an diesem oder jenem „schuld“ sein sollen, ohne dass dazu – von Einzelfällen abgesehen – im praktischen Leben tatsächlich die Beweise erbracht wurden. Solche, oft mit lauten Fanfaren medienwirksam verkündeten „neuesten Entdeckungen“ verschwinden auch derzeit für den Laien unbemerkt wieder ganz still und leise in der Versenkung.

Durch eine Vielzahl derartiger Ereignisse und Abläufe, die für den unkundigen, aber interessierten Mitbürger gar nicht überprüfbar sind, entstehen so nach und nach selbst gebildete Vorstellungen und Erwartungen, die oft weit von der Realität entfernt sind. Das ist besonders dann der Fall, wenn der Alltag des Menschen mit seinen Sorgen und Ängsten, aber auch Hoffnungen berührt wird. Hinzu kommt, dass sich neu und plausibel erscheinende Informationen immer an dem bisher Gedachten anhängen und so verbreitet wirklichkeitsfremde oder gar kuriose Bilder im Kopf entstehen.

So muss man sich auch bei uns „Hundeleuten“ nicht wundern, wenn überliefertes

Halbwissen mit neu hervorgerufenen Vorstellungen vermengt wird und sich daraus ohne konkretes Faktenwissen eine manchmal bis aufs Messer verteidigte Meinung verkrustet. Wer kennt sie nicht – die durchaus wohlmeinenden und engagierten, am Stammtisch trainierten Vererbungs- oder Wesensexperten?

## Wer an die Quellen kommen will, muss gegen den Strom schwimmen

Meinungsfreiheit ist ein fundamentales und zu Recht unantastbares Privileg unserer Gesellschaft – auch in unserem Hundewesen. Man darf sich deshalb auch nicht wundern, wenn die hier jeweils entwickelten Vorstellungen nicht nur mit dem äussersten Brustton der Überzeugung von sich gegeben werden, sondern auch in der Autorität erweckenden Form des gedruckten Wortes da und dort – mehr oder weniger ungeprüft – erscheinen. Es wäre auch völlig ausserhalb unseres Demokratieverständnisses, würden die entwickelten Vorstellungen und Meinungen faktisch zensiert werden. Und so kommt es nicht selten vor, dass am Anfang einer Fachzeit-

schrift oder eines Verbandsorgans etwas ganz Gegensätzliches im Vergleich zu einem thematisch ähnlichen Artikel ein paar Seiten weiter zu lesen steht. Liest man womöglich noch mehrere verschiedene Publikationsorgane, so weiss der Leser kaum noch, was er nun tatsächlich glauben soll. Insofern stellt sich diese Frage ohne jede Einschränkung auch für diesen Artikel!

Will man an die Quellen zuverlässigen Wissens gelangen, so braucht es neben eigener Kritikfähigkeit erhebliche Anstrengungen, denn man muss häufig gegen den breiten Strom von eigentümlich entstandenen Informationen und Meinungen schwimmen. Notgedrungen sind wir hier schon etwas trainiert und versuchen es nachfolgend auch im Falle der Gene und dem Verständnis ihrer Wirkungen. Vielleicht regen aber auch unsere vorausgegangenen und die nachfolgenden Erläuterungen dazu an, darüber nachzudenken, was in unserem Hundewesen für eine bessere und zuverlässigere Wissensvermittlung zu tun ist und wie man davon wegkommen kann, so oft und so lange mit falschen Vorstellungen und Erwartungen auf der Stelle zu treten.



Wer an die Quellen des Wissens kommen will, muss kritikfähig sein und oft gegen die Flut fragwürdiger Informationen schwimmen. Illustration: N. Heeb

### Gene sind anders, als wir glauben

Bleiben wir zunächst bei dem eingangs zitierten Genom-Projekt des Menschen. Dazu wollen wir sehr kurz und möglichst einfach einige unerlässliche Begriffe erläutern, wie sie derzeit noch im Allgemeinen erklärt werden.

Das Genom ist die Gesamtheit der Gene eines Organismus. Somit versteht man unter dem Genom des Menschen die Bezeichnung für alle seine erblichen Anlagen. Die jeweiligen erblichen Anlagen bestehen aus Genen. Unter einem Gen ist eine Vererbungseinheit zu verstehen. Sie besteht aus einer systematischen Gruppierung von nur vier chemischen Substanzen. Als wechselnde Kombinationen in einer schier endlosen Kette beinhalten sie jeweils eine ganz spezielle Information. Gene sind also chemische Informationseinheiten. Für sich alleine können sie aber noch keinen Organismus entstehen lassen. Vielmehr sorgen die Gene mit ihren jeweils speziellen Informationen dafür, dass ganz bestimmte stoffliche Bausteine (Proteine) gebildet werden, die dann ihrerseits den betreffenden Organismus aufbauen können. Zu Beginn des Human-Genom-Projekts (1990) ging man davon aus, dass im Genom des Menschen mehr als 100'000 Gene stecken. Diese Zahl verringerte sich im Laufe der Forschungsarbeiten. So kam man nach der ersten Grobanalyse im Jahr 2000 auf lediglich 30'000 bis 35'000 Gene. Mit der genaueren Analyse wurde sie immer weiter nach unten korrigiert und so spricht man derzeit (Ende 2005) von weniger als 25'000 Genen im Genom des Menschen.

Diese Zahlen erstaunen nicht nur interessierte Laien, sondern auch viele der in diesem Forschungszweig tätigen Wissenschaftler. Das hängt auch damit zusammen, dass mittlerweile in verschiedenen anderen Forschungseinrichtungen mehr und mehr Genom-Analysen von ganz anderen Organismen mit frappierenden Ergebnissen durchgeführt wurden. Erst in jüngerer Zeit wurde das Genom der Reispflanze „entschlüsselt“. Es trägt nach aktuellen Feststellungen ca. 37'000 Gene in sich. Vom Genom der Ackerschmalwand, einem kleinen „Unkraut“, weiss man, dass es 27'000 Gene hat. Auch der mickrig kleine Fadenwurm (*C. elegans*) von nur 1 mm Länge hat schon 19'500 Gene. Der Zwiebel wird ein fast sechsmal grösseres Erbgut zugeschrieben als dem Menschen. Noch schlimmer: Unser Genom ist mit jenem der Hefe, wie sie auch zum

Backen verwendet wird, zur Hälfte identisch. Und schliesslich ist immer wieder zu hören, dass unser Erbgut mit dem unserer behaarten Verwandtschaft, wie beispielsweise den Schimpansen, zu etwa 98–99 % übereinstimmt.

Diese Art von Prozentrechnung hat uns schon immer gestört – nicht nur bei den Anteilen von Angeborenem und Erworbenem im Wesen des Hundes, denn sie führt immer in die Irre. Wer schon einmal ein Seminar von uns besucht hat, kennt dazu das eine oder andere nachdenklich erheiternde Gedankenexperiment:

Was passiert zum Beispiel, wenn man weiss, dass unser menschliches Erbgut zu 50 % mit der Bäckerhefe identisch ist, und man trotzdem, oder auch völlig ahnungslos zwei Hefezöpfe verzehrt? Die Rechnung ist wirklich sehr einfach,  $2 \times 50 \% = 100 \%$ . Es handelt sich hier also ganz klar um Kannibalismus!



**Seltene Vergleiche und Prozentrechnereien: Sind wir wirklich Kannibalen, wenn wir zwei Hefezöpfe verzehren, obwohl wir mittlerweile wissen, dass unser menschliches Erbgut zu 50 % mit dem der Hefe übereinstimmt?**

Foto: D. Berlowitz

Selbstverständlich geht es uns ernsthaft darum, herauszustellen, womit diese irreführenden Eindrücke und falschen Vorstellungen zu tun haben.

### Wo liegen die Ursachen der falschen Vorstellungen?

Aus der Biologie wissen wir, dass alle Organismen und Lebewesen unserer Erde prinzipiell aus den gleichen chemischen „Baumaterialien“ bestehen. Diese sind zu einem grossen Teil Proteine. Zu welchen Anteilen diese Baumaterialien für dieses oder jenes Lebewesen gebraucht werden, ist als chemische Information in den Genen festgelegt. Im Laufe des schon länger zurückliegenden Er-

kenntnisfortschrittes hat sich ein Lehrsatz zementiert. Dieses Gendogma lautet: Ein Gen enthält die Anleitung für den Aufbau und die Zusammensetzung (Synthese) eines bestimmten Proteins. Im weiteren Verlauf der Forschung hat sich mehr und mehr herausgestellt, dass die Vorstellung „Ein Gen bildet ein Protein“ von Abweichungen und Ausnahmen begleitet ist. So hat man beispielsweise erkannt, dass ein Gen auch mehrere verschiedene Proteine bilden lassen kann. Es wurde auch entdeckt, dass manche Gene überhaupt keine Proteine herstellen, sondern zum Beispiel Steueraufgaben für den Entwicklungsprozess bei der Entstehung neuen Lebens haben. Und je länger und genauer man versuchte, den Dingen auf den Grund zu gehen, umso deutlicher wurde, dass die Vorstellung, „Ein Gen – ein Protein“ eher die Ausnahme ist, womöglich sogar bei höher entwickelten Lebewesen überhaupt nicht zutrifft. Zudem wurde auch erkannt, dass manche Gene in durchschauten, viel öfters aber noch in nicht durchschauten Abhängigkeiten in ihrer Funktion ein- oder ausgeschaltet werden.

Auf der Suche nach der Funktion der Gene hat man sich verständlicherweise auf die ehemals greifbar erscheinenden Beziehungen zwischen Genen und Proteinen konzentriert. Dabei ist etwas entstanden, was aus heutiger Sicht – wäre man leichtfertig – fast wie ein Schildbürgerstreich aussieht.

Verständlicherweise wurde in der kaum vorstellbaren und unüberschaubaren Fülle vermutlicher Informationen, die insgesamt im Genom vorliegen, nach solchen Informationseinheiten gesucht, die Proteine entstehen lassen. Dies gelang schliesslich auch. Alles andere blieb – jedenfalls zunächst – ausser Acht. Und dieses unklare Andere nannte man dann – im Glauben, alles Wesentliche gefunden zu haben – „Schrott“ und unnötiges Gerümpel aus längst vergangenen Zeiten. Daraus ergibt sich nun heute eine höchst seltsame und fragwürdige Sachlage.



## Ernüchternde Fakten

Gegenüber der Verkündung im Jahr 2000, das menschliche Genom wäre entschlüsselt, ergeben sich somit heute folgende Fakten:

# Aktuelle Fakten

- Das, was bisweilen noch immer in zahlreichen Lehr- und Schulbüchern als Gen im Sinne von „Ein Gen bildet ein Protein“ definiert ist, erklärt nicht mehr zutreffend, welche Funktionen Gene tatsächlich haben. Anders ausgedrückt:  
Die bisherigen Vorstellungen über die Funktion der Gene erfassen keinesfalls die gesamten Mechanismen der Vererbung!
- Die im Genom insgesamt auftretenden chemischen Informationen, die man heute korrekterweise gar nicht mehr als Gene bezeichnen dürfte, sind derzeit (bis Ende 2005) zu etwa 3 % (!) „entschlüsselt“, das heisst in ihrer Funktion einigermassen klar durchschaut.
- Mit etwa 97 % der im Genom des Menschen insgesamt auftretenden chemischen Informationen konnte man bisher nicht so recht etwas anfangen. Wohl deshalb wurde es üblich, hier von „funktionslosem Schrott“ zu sprechen.
- Neuere Forschungsansätze der letzten Jahre machen immer deutlicher, dass der vermeintliche „Genom-Schrott“ in Wahrheit elementaren Anteil an der Verwirklichung der Erbinformationen hat und zur Entwicklung, Ausbildung und Erhaltung eines höher entwickelten Organismus beiträgt.
- Die verbreitete Vorstellung, dass mit den Bausteinen des Lebens und einem in den Genen innewohnenden Bauplan ein Lebewesen – gewissermassen wie mit Lego-Bausteinen – aufgebaut wird, ist nicht haltbar. Vielmehr handelt es sich um ein komplexes dynamisches Geschehen, bei dem noch andere Faktoren als aktive „Mitspieler“ beteiligt sind und die derzeit we-

der funktionell noch begrifflich durch Gene ausreichend erfasst sind.

- Die Entstehung und Erhaltung von Leben ist ein vielseitiges Wechselspiel gegenseitiger Einflussnahme zwischen allen daran beteiligten Faktoren. Es handelt sich dabei in weiten Bereichen um Prozesse der Selbstorganisation, deren Regeln derzeit nicht bekannt sind, allenfalls in den Ansätzen erahnt werden können. Die zur Entwicklung und Steuerung von Lebensvorgängen notwendigen Informationen kommen nicht etwa nur aus der Materie der Gene, sondern notwendigerweise auch aus der Umwelt.
- Es ist Fakt, dass wir dank wissenschaftlicher Leistungen da und dort schon sehr gut verstehen können, was die Funktion oder das Fehlen eines Gens (bisheriger Vorstellung) für Auswirkungen beim Menschen oder einem anderen Lebewesen haben kann. Wir sind aber noch weit weg davon, beispielsweise wirklich

zu verstehen, wie es dazu kommt, das bei einem entstehenden Menschenkind die Organe genau „wissen“, wo sie hingehören und wie sie funktionieren sollen, und durch was das wann, wie „gesagt“, also gesteuert wird.

- Die Anzahl der bisher bei den verschiedensten Organismen jeweils als entschlüsselt bezeichneten Gene gibt keine Auskunft darüber, wie hoch entwickelt und komplex ein Organismus ist (Genom des „Unkrauts“ Acker-schmalwand = 27'000 Gene, Genom des Menschen 25'000 Gene). Auch die Angabe der Prozentanteile der Übereinstimmung zwischen dem Genom des Menschen mit anderen Organismen begründet keine „Qualitätsunterschiede“ (Hefe 50 %, Schimpanse 98–99 % Übereinstimmung). Das ist schon dadurch bedingt, dass erst noch die Funktionen in dem vermeintlichen Schrotthaufen von 97 % des Genoms zu klären wären!



Grafik: Keystone/Science Photo Library/A. Pasioka

### Eine ungewöhnliche Analogie zum besseren Verständnis

Hier geht es ja nicht darum, nur die allzu vollmundigen und zweifelhaften Versprechungen aus dem Genom-Projekt zu kritisieren. Unser vordringliches Anliegen ist es, falsche Vorstellungen und Erwartungen auszuräumen, um so ein neues und kritikfähiges Denken in einem sonst undurchsichtigen Geschehen zu ermöglichen. Dazu wagen wir zunächst eine ungewöhnliche Analogie. Wir versuchen einen seltsam erscheinenden Vergleich zwischen dem Bauablauf eines neuen Hauses, wie wir ihn im Allgemeinen kennen, und dem Aufbau eines Hauses im Sinne des bisherigen Verständnisses eines „genetischen Bauplanes“ herzustellen:

Nachdem alle vorbereitenden Massnahmen getroffen sind und der Plan feststeht, kann das Bauen eines allseits festgelegten Hauses beginnen. Die tätig werdende Baufirma – ein Generalunternehmer für schlüsselfertige Häuser – bestellt alle benötigten Materialien, die nacheinander angeliefert werden. Tüchtige Handwerker arbeiten zügig und ein jeweils talentierter Architekt, Bauleiter und Polier sorgen dafür, dass das Haus genau so wird, wie geplant: Ein wunderschöner typischer Bungalow. Ohne irgendwelche Komplikationen entsteht termingerecht genau das, was man sich vorgestellt hat (eine erdachte Geschichte – nicht aus dem wirklichen Leben!).

Versuchen wir jetzt uns bildhaft vorzustellen, wie ein solcher Hausbau abläufe, wenn es nach einem „genetischen Bauplan“ ginge, und wie dieser nach bisheriger Vorstellung funktionieren sollte:

Die zur Wirkung kommenden Gene würden alle nötigen Baumaterialien (Proteine) herstellen lassen und die Steuergene würden dafür sorgen, dass immer ausreichend Materialien und Handwerker verfügbar sind. Aber bitte, worin steckt der Bauplan, der Architekt, der örtliche Bauleiter, der Polier? Wer gibt zum richtigen Zeitpunkt an, wo eine Mauer anfängt und wo sie aufhört? Wer kümmert sich darum, dass der Elektriker mit seiner Leitungsverlegung nicht anfängt, bevor überhaupt Wände und Decken fertig sind? Und wer verhindert, dass der Zimmermann den Dachstock aufrichtet, obwohl noch nicht einmal der Keller fertig ist? Falls Sie sich jemals ein in diesem Sinn genetisch geplantes und organisiertes Haus bauen lassen wollen, wählen Sie doch bes-



**Die Baupläne der Natur sind faszinierend – aber entgegen manchen Vorstellungen bei weitem noch nicht durchschaut.** Foto: H. Weidert

ser ein Schneckenhaus. Sie können sich nicht nur viel Ärger sparen, sondern sich auch darin mit dem bisherigen Stand des Wissens geruhsam zurückziehen und warten, bis erforscht ist, wie es wirklich geht! Selbstverständlich hinkt dieser grobe Vergleich da und dort. Beispielsweise ist in manchen Teilbereichen mehr bekannt als nur, welche Gene welche Proteine herstellen. So hat man schon länger spezielle Gene gefunden, die für die Erstellung bestimmter „Bauabschnitte“ und deren Aneinanderreihung zuständig sind (für den Fachkundigen: „Hox-Gene“). Das Entscheidende aber, nämlich wie das gesamte „Bauwerk“ übergeordnet, aber auch im Detail organisiert und realisiert wird, ist erst noch zu erforschen.

### Genfunktionen im groben Überblick

Versucht man die hier umrissenen Zusammenhänge unter einen Hut zu bringen und sich ein aktuell zutreffendes Bild von den Genen und ihren Wirkungen zu machen, so könnte die nachfolgende, sicherlich ebenfalls etwas einfache Analogie eine gewisse Hilfe sein. Wir bringen vorher jedoch erst noch einmal in Erinnerung, dass für den Aufbau aller Organismen und Lebewesen unserer Erde die gleichen chemischen „Baumaterialien“ genutzt werden. Das gilt prinzipiell auch für die Zusammensetzung der Gene. Unterschiede bestehen allerdings darin, dass sie je nachdem, in welchem Organismus sie auftreten, unterschiedlich in der Anzahl sein können und verschiedene Funktionen mit zahlreichen Alternativen ausüben können. So kann auch ein Gen in dem einen Organismus eine ganz andere

Funktion und Wirkung haben als ein identisch erscheinendes Gen in einem anderen Organismus.

Wichtig erscheint noch, auf einen anderen grundsätzlichen Zusammenhang aufmerksam zu machen. Nicht alle Gene, die im Genom eines Organismus stecken, sind auch vom Vornherein aktiv. Manche scheinen überhaupt nichts zu tun, andere nur in bestimmten, bisweilen noch nicht ausreichend durchschauten Zusammenhängen. Ganz allgemein sind nicht alle Gene eines Genoms gleichzeitig tätig. Sie werden in bestimmten Abhängigkeiten regelrecht ein- und ausgeschaltet. Und es ist auch keinesfalls so, dass Gene nur dann eingeschaltet werden, wenn der betreffende Organismus im Entstehen ist, also sich aufbaut. Auch im „fertigen“, also erwachsenen Organismus sorgen die unterschiedlichsten und vielfältigsten Genaktivitäten ständig dafür, dass er funktioniert und am Leben bleibt.

### Melodien des Lebens

Das alles scheint sehr kompliziert – und ist es auch. Um sich nach dem derzeitigen



**Auf der Klaviatur der Natur können die unterschiedlichsten Melodien des Lebens gespielt werden.**

Im übertragenen Sinn bietet ein und dasselbe Instrument all die Voraussetzungen dafür, ganz unterschiedliche Klavierstücke zu komponieren, die für die jeweilige Art eines Lebewesens charakteristisch sind. Foto: H. Weidert

Stand des Wissens ein vereinfachtes, aber einigermaßen stimmiges Bild über die Funktionsweise des genetischen Geschehens machen zu können, stellen wir uns nun ein Klavier vor. Es ist breiter als üblich und hat zahlreiche Tasten. Jede der Tasten hat eine ganz bestimmte „genetische Funktion“. Bei dem einen Organismus werden nur ganz bestimmte Tasten gebraucht, die anderen bleiben unbenutzt. Die gebrauchten Tasten werden in einer ganz bestimmten Reihenfolge angeschlagen und dabei kürzer oder länger gehalten. Es entsteht eine ganz bestimmte Melodie, die der speziellen Art des betreffenden Organismus entspricht. Dabei ist auch ganz klar, dass die angeschlagenen Töne zueinander in Beziehung und in harmonisierender Wechselwirkung stehen müssen, damit wirklich das herauskommt, was man eine Melodie nennen kann.

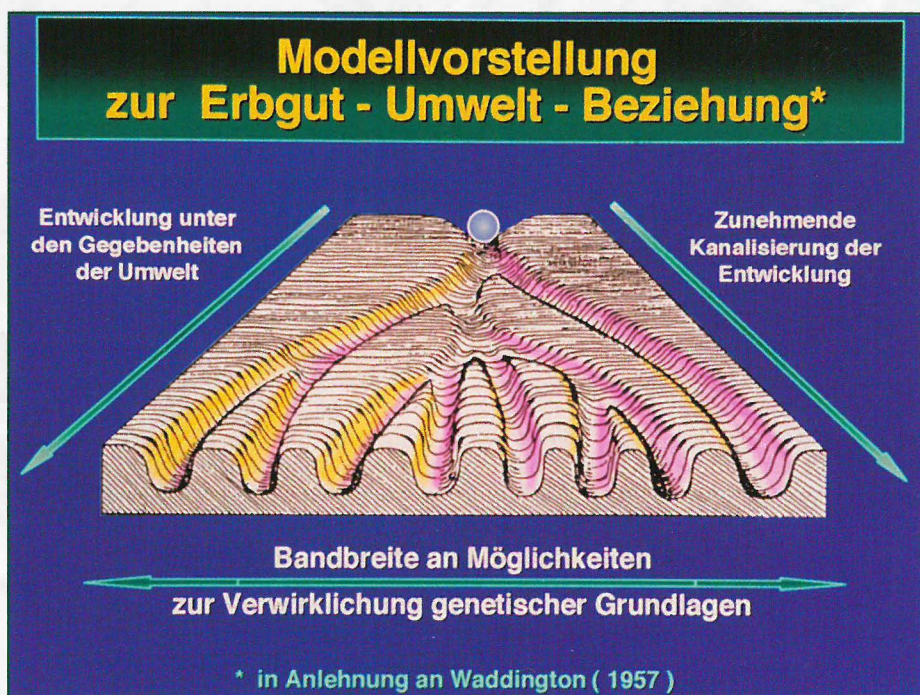
Bei einem ganz anderen Organismus wird das gleiche Klavier benutzt, aber eine völlig andere Melodie gespielt. Dabei kann durchaus auch noch ein und dieselbe Melodie in Variationen gespielt werden. Und selbst dabei gibt es immer noch feine Unterschiede – je nachdem, wie weich oder hart die Tasten angeschlagen werden.

Wenn Sie jetzt als Hundefreund innehalten – und ganz genau hinhören, können Sie in übertragenem Sinn ab sofort nicht nur den Unterschied zwischen einem Bernhardiner und einem Jack-Russell heraushören. Deutlich ist auch zu spüren, dass auf diesem „genetischen Klavier“ in geradezu endloser Zahl die unterschiedlichsten Melodien gespielt werden können.

Nun haben wir womöglich ein leicht verständliches Analogie-Modell gefunden, aber noch lange nicht alle Probleme gelöst. Wo bitte schön findet man die Noten zu den Melodien? Im Human-Genom-Projekt wurden sie jedenfalls nicht entdeckt, vielleicht aber schon Teile einer Partitur oder eines verschwommenen Notenblattes. Um weiterzukommen wird es jedenfalls noch gewaltige Anstrengungen brauchen, die weit über das hinausgehen müssen, was man bereits mit dem immensen Aufwand des Human-Genom-Projekts als erledigt glaubte. Und wo steckt eigentlich der Klavierspieler?

### Klavierspieler gesucht

Die Suche nach dem Klavierspieler zeigte bereits Erfolg und entpuppte sich immer mehr als Überraschung. Es war nicht „ein“ Klavierspieler, sondern – wen wundert es –



Diese schon ältere Modellvorstellung rückt heute wieder mehr ins Blickfeld und bringt einen komplexen Sachverhalt vereinfacht auf den Punkt: Auf einer abschüssigen Hügellandschaft (epigenetische Landschaft) rollt eine Kugel herab. Sie symbolisiert einen Entwicklungsprozess. Unter den Gegebenheiten der Umwelt nimmt die Kugel ihren Lauf und kann in einer Bandbreite von Möglichkeiten an verschiedenen Orten ankommen. Die frühesten Einflüsse wirken dabei am stärksten auf die Art des Verlaufes.

Wichtig ist vor allem die Einsicht, dass ein und dieselbe genetische Konstellation zu weit auseinander liegenden Ergebnissen führen kann. Grafik: H. Weidt, Juni 1996

eine Klavierspielerin, die Umwelt. Kurz und bündig kann man sagen, dass es die Umwelt ist, die ihre Hände am (genetischen) Klavier hat und durch ihre Qualitäten bestimmt, wie gut die jeweiligen Melodien herauskommen. Diese Einsicht ist nicht neu. Gestützt auf die Erkenntnisse der Verhaltensforschung ist das unser Credo seit mehr als 25 Jahren. Neu ist aber, dass diese Sicht in jüngerer Zeit nicht nur massiv durch die Erkenntnisse der Hirnforschung untermauert wird, sondern auch vermehrt aus den Bereichen der Molekularbiologie. Mit neueren Methoden entwickelt sich zurzeit der prinzipiell schon ältere Wissenschaftszweig der „Epigenetik“. Er befasst sich mit jenen Vorgängen, die gewissermaßen über den Genen stehen und sie ein- oder ausschalten können.

Auch als Laie sollte man sich mit dem Gedanken anfreunden, die Bedeutung und Wirkung der Umwelt in ihrer elementaren Gesamtheit zu verstehen. Sie ist nicht et-

wa nur in ihrer Wirkung als Äusserlichkeit im Alltag zu bedenken. Sie beginnt auch nicht erst zu wirken, wenn sich Ei- und Samenzelle in einem mehr oder weniger günstigen chemischen Milieu verschmelzen und jeden Tag ein bisschen mehr der Mutterleib zur sichtbaren Umwelt eines neuen Lebewesens wird. Schon viel früher und deshalb noch tief greifender sind die einen Gene und Proteine die nachbarschaftliche Umwelt der anderen Gene und Proteine. Und was in dieser so unglaublich kleinen Mikro-Umwelt geschieht oder nicht geschieht, es hat immer auch gegenseitige Einflüsse, also Wechselwirkungen.

Kurzum: Gene und Proteine und deren jeweilige Aktivität beeinflussen sich als gegenseitige Umwelt und organisieren damit zum Teil selbst ihre eigene Entfaltung. Diese Zusammenhänge sind in der folgenden Grafik vereinfacht dargestellt und ergänzend erläutert. Ausserdem macht diese Grafik deutlich, dass es entgegen manchen Vorstellungen nicht etwa eigene und direkt

wirkende Gene für das Verhalten oder das Wesen eines Hundes gibt. Beides hat zwar eine genetische Grundlage. Die Wirkung entfaltet sich aber erst indirekt durch die vielseitigen Wechselwirkungen aller beteiligten Faktoren mit der Umwelt.

Sicherlich können wir im praktischen Umgang mit dem Hund nicht dafür sorgen, dass seine Gene auch die richtigen Nachbarn haben. Sehr wohl können wir aber beispielsweise Einfluss darauf nehmen, dass eine trächtige Hündin nicht unbewältigbarem Stress ausgesetzt wird und dadurch das innere chemische Milieu negative Wirkungen auf den heranreifenden Nachwuchs hat (siehe Teil 15 dieser Serie „Stress: Ursachen und Folgen im Zuchtgeschehen“).

Bei normalen, also vernunftorientierten Zuchtstätten können wir allemal die Entwicklungsumwelt unserer Hunde so gestalten, dass die naturnotwendigen Bedingungen für eine bestmöglich gelingende Entwicklung verfügbar sind.

Mit diesem Wissen haben wir alle sehr viel mehr Einflussmöglichkeiten auf die Ausbildung erblicher Anlagen als mit dem, was in wissenschaftlichen Bereichen „reiner“ Genetik noch gar nicht wirklich verstanden ist.

Sorgen Sie also schon im eigenen Interesse dafür, dass jeweils die richtige Klavierspielerin am Werk ist. Sie können damit unmittelbar selbst Einfluss auf das nehmen, was Ihnen persönlich wichtig ist. Es macht nicht nur derzeit keinen Sinn, sich falschen Hoffnungen hinzugeben und darauf zu warten, dass Wünsche oder Problemlösungen durch Gene oder deren Manipulation tatsächlich erfüllt werden. Das gilt umso mehr, als nach vorliegender Sachlage auf breiter Basis vorrangig verstanden werden muss, dass es bei vielen Problemen nicht an den Genen selbst liegt (Aggressions- und andere Defektzuchten werden hier nicht betrachtet), sondern an deren unzureichenden oder fehlgeleiteten Entfaltung. Das Lernen und Verhalten unserer Hunde und damit ihr Wesen ist davon in besonderer Weise betroffen.

### Hinweis

Inhalte dieses Beitrages kommen im Rahmen der Vortragsveranstaltung „Zucht und Wesen“ am 4. März 2006 in Nottwil (CH) und bei einer späteren gleichartigen Veranstaltung in Deutschland zur Sprache.

## Genfunktionen im groben Überblick

### Gene und viele Fragezeichen

Nach dem derzeitigen Stand wissenschaftlicher Erkenntnisse sind die insgesamt in einem Säugetier-Genom anzunehmenden Informationen und Funktionen nur in sehr geringem Umfang tatsächlich bekannt (beim Menschen ca. 3 %). Der weitaus grössere Anteil wurde und wird bisher im Allgemeinen als „funktionsloser Schrott“ bezeichnet (beim Menschen ca. 97 %). Neuere Forschungsergebnisse machen immer deutlicher, dass in dem vermeintlichen „Gen-Schrott“ offensichtlich jene Funktionen stecken, die bisher unverstanden sind. In der Grafik sind diese schematisiert dargestellten Genabschnitte mit Fragezeichen versehen.

### Gene bilden Proteine

Gene, deren Funktion bekannt sind, bilden über den Prozess der Genregulation Proteine (Pfeil 1). Durch Ablesung und Übersetzung der in den Genen enthaltenen chemischen Informationen werden Proteine gebildet. Die verschiedensten Kombinationen und die Vielzahl von Proteinen lassen ihrerseits den Organismus entstehen (drei kleine Pfeile).

### Ablesung und Übersetzung

Die Genregulation – hier sehr vereinfacht dargestellt – ist der entscheidende Prozess, der bestimmt, was aus den Genen tatsächlich wird. Die Ablesung und Übersetzung der Gene in Proteine funktioniert nicht nur 1 : 1. So wirken beispielsweise die gebildeten Proteine auch auf die Gene zurück und nehmen Einfluss auf deren Tätigkeit (Pfeil 1 in Gegenrichtung).

### Das eine Gen des anderen Umwelt

Die Genaktivität hängt aber auch davon ab, was jeweils die benachbarten Gene tun. Somit bilden die einen Gene die Umwelt der anderen Gene und beeinflussen dadurch gegenseitig ihre Aktivität (Pfeil 2).

An diesem nachbarschaftlichen Geschehen sind offensichtlich auch solche chemischen Informationseinheiten beteiligt, deren Funktionen noch weitgehend unbekannt sind (Pfeil 3).

### Alternativen und Variationen

Chemische Informationseinheiten, über deren Funktionen noch wenig bekannt ist,

## Genom\*

Funktion bekannt:

ca. 3 %



Nicht durchschaute (Gen-)Funktionen, bisher oft als „funktionsloser Schrott“ bezeichnet:

ca. 97 %



Nach neueren Erkenntnissen aber doch bedeutsam!

*\*Gesamtheit der Erbinformationen (am Beispiel des Menschen)*

wirken offensichtlich auch in der Weise, dass sie bekannte Gene, die Proteine bilden, in ihrer Aktivität hemmen oder fördern können (Pfeil 4).

Darin stecken allem Anschein nach weitere Alternativen und Variationen der Vererbung.

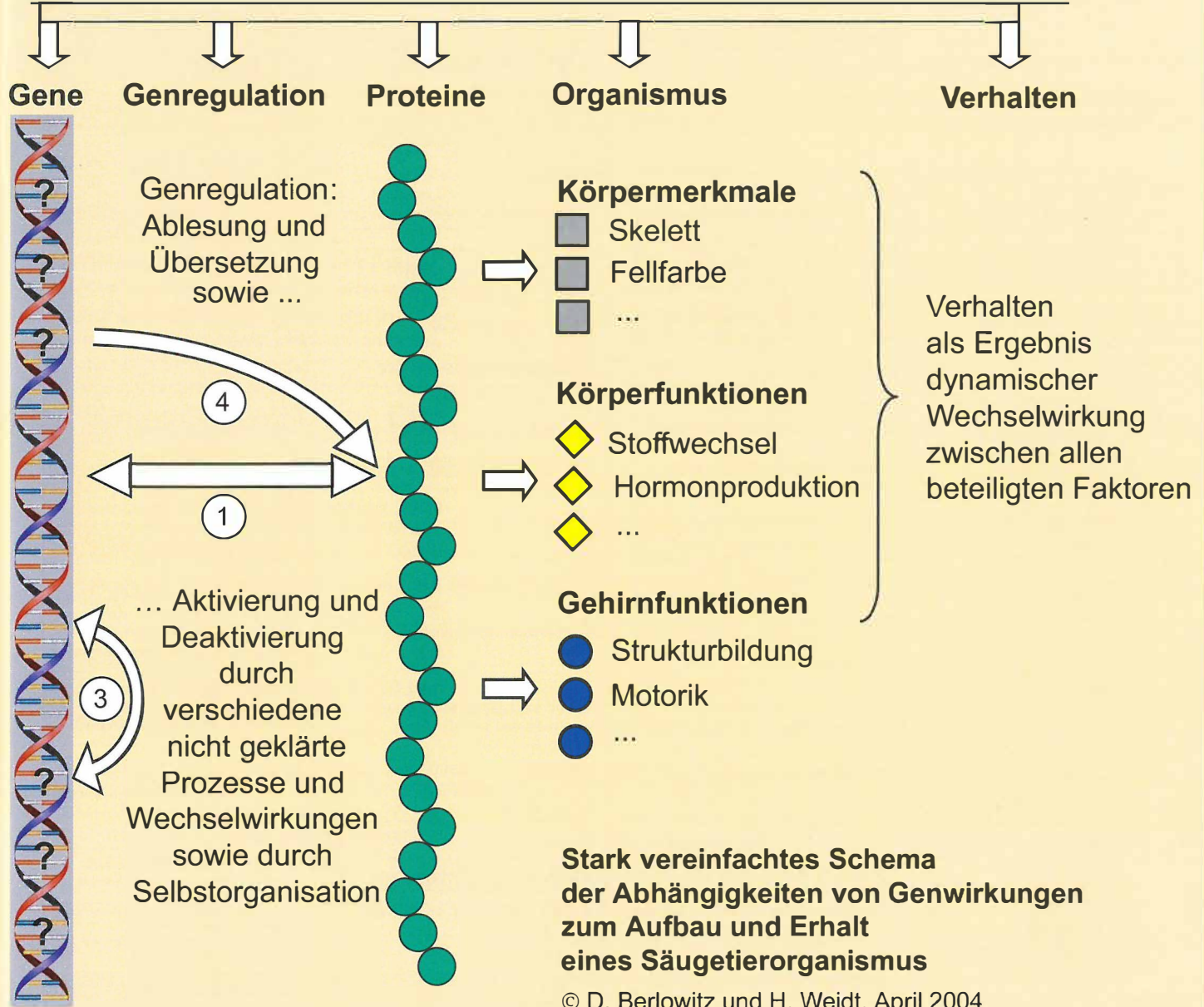
### Gene sind nicht alles

Aus dem hier schematisch dargestellten Geschehen wird deutlich, dass die Erbinfor-



# Grafik als Gesamtübersicht siehe nächste Seite

## Einflüsse der natürlichen, sozialen und zivilisatorischen Umwelt



mationen nicht nur aus dem bestehen, was bisher als Gene bezeichnet wird. Vielmehr ist zutreffend, dass die Mechanismen der Vererbung in weiten Bereichen noch gar nicht durchschaut sind.

### Wechselwirkung mit der Umwelt

Darüber hinaus wird auch immer klarer, dass die Realisierung von Erbinformationen nicht im Sinne einer Einbahnstrasse funktioniert

und nicht immer nur die Gene vorgeben, wie sich der Organismus auszubilden hat.

Mittlerweile ist unzweifelhaft, dass der Aufbau und der Erhalt eines Organismus durch komplexe Wechselwirkungen und Prozesse der Selbstorganisation gesteuert wird. Daran sind immer auch die jeweiligen Stufen und Qualitäten der (teils selbsterzeugten) Umwelt mitbestimmend.

### Gene und Verhalten

Die Grafik macht auch deutlich, dass Gene keinesfalls auf direktem Wege das Verhalten bestimmen. Es entsteht als indirektes Ergebnis aus den Wechselwirkungen, die beim Aufbau und Erhalt des Organismus im Zusammenwirken mit den verschiedensten Einflüssen der Umwelt beteiligt sind.

## Genfunktionen im groben Überblick

### Gene und viele Fragezeichen

Nach dem derzeitigen Stand wissenschaftlicher Erkenntnisse sind die insgesamt in einem Säugetier-Genom anzunehmenden Informationen und Funktionen nur in sehr geringem Umfang tatsächlich bekannt (beim Menschen ca. 3 %). Der weitaus grössere Anteil wurde und wird bisher im Allgemeinen als „funktionsloser Schrott“ bezeichnet (beim Menschen ca. 97 %). Neuere Forschungsergebnisse machen immer deutlicher, dass in dem vermeintlichen „Gen-Schrott“ offensichtlich jene Funktionen stecken, die bisher unverstanden sind. In der Grafik sind diese schematisiert dargestellten Genabschnitte mit Fragezeichen versehen.

### Gene bilden Proteine

Gene, deren Funktion bekannt sind, bilden über den Prozess der Genregulation Proteine (Pfeil 1). Durch Ablesung und Übersetzung der in den Genen enthaltenen chemischen Informationen werden Proteine gebildet. Die verschiedensten Kombinationen und die Vielzahl von Proteinen lassen ihrerseits den Organismus entstehen (drei kleine Pfeile).

### Ablesung und Übersetzung

Die Genregulation – hier sehr vereinfacht dargestellt – ist der entscheidende Prozess, der bestimmt, was aus den Genen tatsächlich wird. Die Ablesung und Übersetzung der Gene in Proteine funktioniert nicht nur 1 : 1. So wirken beispielsweise die gebildeten Proteine auch auf die Gene zurück und nehmen Einfluss auf deren Tätigkeit (Pfeil 1 in Gegenrichtung).

### Das eine Gen des anderen Umwelt

Die Genaktivität hängt aber auch davon ab, was jeweils die benachbarten Gene tun. Somit bilden die einen Gene die Umwelt der anderen Gene und beeinflussen dadurch gegenseitig ihre Aktivität (Pfeil 2).

An diesem nachbarschaftlichen Geschehen sind offensichtlich auch solche chemischen Informationseinheiten beteiligt, deren Funktionen noch weitgehend unbekannt sind (Pfeil 3).

### Alternativen und Variationen

Chemische Informationseinheiten, über deren Funktionen noch wenig bekannt ist,

### Genom\*

Funktion bekannt:

ca. 3 %



Nicht durchschaute (Gen-)Funktionen, bisher oft als „funktionsloser Schrott“ bezeichnet:

ca. 97 %

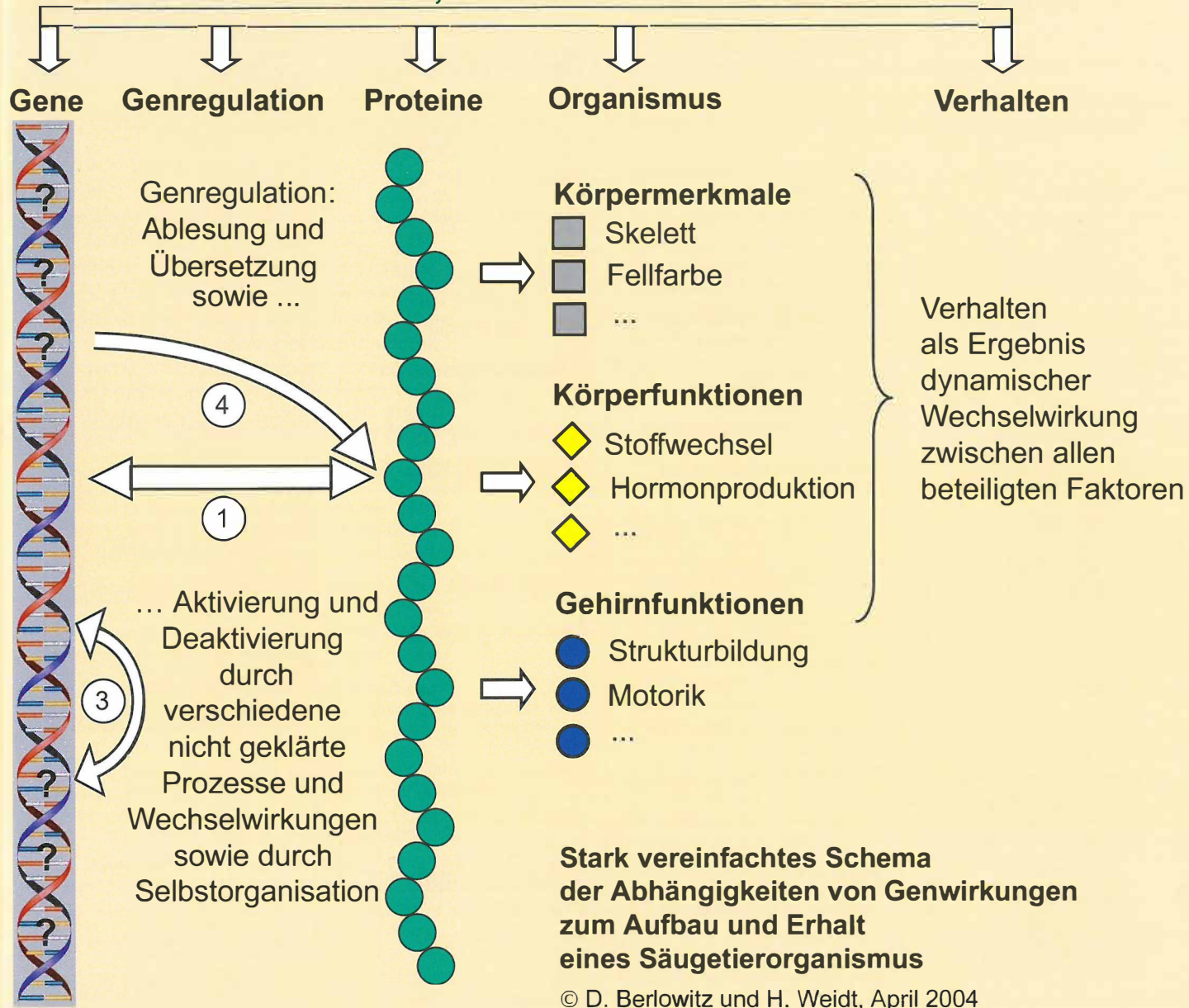


Nach neueren Erkenntnissen aber doch bedeutsam!

\*Gesamtheit der Erbinformationen (am Beispiel des Menschen)



## Einflüsse der natürlichen, sozialen und zivilisatorischen Umwelt



wirken offensichtlich auch in der Weise, dass sie bekannte Gene, die Proteine bilden, in ihrer Aktivität hemmen oder fördern können (Pfeil 4). Darin stecken allem Anschein nach weitere Alternativen und Variationen der Vererbung.

### Gene sind nicht alles

Aus dem hier schematisch dargestellten Geschehen wird deutlich, dass die Erbinfor-

mationen nicht nur aus dem bestehen, was bisher als Gene bezeichnet wird. Vielmehr ist zutreffend, dass die Mechanismen der Vererbung in weiten Bereichen noch gar nicht durchschaut sind.

### Wechselwirkung mit der Umwelt

Darüber hinaus wird auch immer klarer, dass die Realisierung von Erbinformationen nicht im Sinne einer Einbahnstrasse funktioniert

und nicht immer nur die Gene vorgeben, wie sich der Organismus auszubilden hat.

Mittlerweile ist unzweifelhaft, dass der Aufbau und der Erhalt eines Organismus durch komplexe Wechselwirkungen und Prozesse der Selbstorganisation gesteuert wird. Daran sind immer auch die jeweiligen Stufen und Qualitäten der (teils selbsterzeugten) Umwelt mitbestimmend.

### Gene und Verhalten

Die Grafik macht auch deutlich, dass Gene keinesfalls auf direktem Wege das Verhalten bestimmen. Es entsteht als indirektes Ergebnis aus den Wechselwirkungen, die beim Aufbau und Erhalt des Organismus im Zusammenwirken mit den verschiedensten Einflüssen der Umwelt beteiligt sind.