

Kleiner Defekt – große Wirkung: Zahmheit und Merkmale bei Haustieren



Schon Charles DARWIN beschrieb ein interessantes Phänomen bei Zuchttieren, das bis heute Gegenstand der Forschung ist: Verschiedene Arten zeigen in der Zucht nach einigen Generationen ähnliche äußere Merkmale wie z. B. eine abwechslungsreiche Musterung des Fells. Die Ursachen dafür waren bisher unklar. Eine neue wegweisende Hypothese besagt, dass eine Veränderung der Zellen aus der embryonal angelegten Neuralleiste ursächlich ist sowohl für veränderte Verhaltensweisen als auch die Vielfalt der Haustiermerkmale. Es zeigt sich, dass diese geringfügige Ursache weitreichende, für den Menschen nützliche Wirkungen haben kann.

Michelle Noe

Tiere sind schon immer Begleiter des Menschen und für ihn sehr nützlich. Deshalb wurden verschiedenste Arten über mehrere tausend Jahre gezähmt und gezüchtet. In der Folge bildete sich bei diesen Tieren eine Reihe besonderer Eigenschaften heraus, die für die Wissenschaft von Interesse sind. Besonders auffällig sind die phänotypischen (gestaltlichen) Veränderungen der gezüchteten Nachkommen im Gegensatz zu ihrer wilden Ausgangsart (vgl. Abb. 2). So hat der Hund im Gegensatz zum Wolf eine Vielzahl an unterschiedlichen Fellfarben und Mustern angenommen und unterscheidet sich z.B. auch hinsichtlich der Größe von Gehirn, Zähnen oder Pfoten von seinem einstigen Vorfahren.

Erstaunlich ist jedoch, dass Veränderungen dieser Art nicht nur beim Hund auftraten. Auch bei anderen gezüchteten Tieren wie Füchsen, Nerzen, Schweinen, Ratten, Vögel oder auch Fischen wurden vergleichbare Entwicklungen beobachtet. Forschern gab diese Tatsache lange Zeit Rätsel auf. Anfangs wurde nach einer Art Züchtungsgen bzw. einem mutierten Gen in solchen Tieren gesucht, welches die abweichende

Fellfärbung mit der Zeit kodiert haben könnte. Oder es wurde die These aufgestellt, dass die veränderten Einflüsse in der Gefangenschaft (wie z.B. das bessere Futter) die phänotypische Veränderung ausgelöst haben könnten. Allerdings wurden diese Erklärungen mit der Zeit durch verschiedenste Versuche ausgeschlossen.

Ein Team von Forschern (WILKINS et al. 2014) schlägt eine neue Lösung vor und hat folgende Hypothese dazu aufgestellt: Die Erklärung für dieses Phänomen soll in den embryonalen Anfängen der Tiere zu finden sein. Die Haustiermerkmale würden besonders durch die Zellen der Neuralleiste beeinflusst. Diese kleine Gruppe von Stammzellen bildet sich aus der Anlage des Rückenmarks und wandert von dort in verschiedene Teile des Körpers. In Wechselwirkung mit den jeweiligen Geweben ihres Zielgebietes verursachen und beeinflussen sie die Entstehung vieler Gewebetypen und von Organen. Diese Vorgänge wirken sich später phänotypisch und auch physiologisch (funktionell) auf die Tiere aus. Zu den Prozessen, bei denen diese Zellen beteiligt sind, gehören unter anderem die Bil-

Eine Ursache – vielfältige Wirkungen

Die phänotypischen Veränderungen aufgrund der Veränderungen der Neuralleistenzellen werden nachfolgend anhand einiger Beispiele genauer erklärt.

Die Veränderung der Fellfarbe

Fellfarben und -muster gehören zu den auffälligsten Veränderungen bei der Züchtung bzw. Zähmung von zuvor wilden Tieren, und sie gehören zu den zuerst auftretenden Änderungen. Alle gezüchteten Arten zeigen mit der Zeit eine Verringerung der Pigmentierung in ihren Fellfarben (Hypopigmentierung). Häufig macht sich diese durch helle Punkte oder komplett hellere Fellbereiche bemerkbar.



Foto: © Mikkel Bigandt (fotolia.com)

Die Änderungen der Fellfarben treten bevorzugt unterhalb des Halses, über den Augen, auf den Pfoten und an der Schwanzspitze auf. Es ist nachvollziehbar, dass diese Hypopigmentierung im Zusammenhang mit der verminderten Wirkung von Neuralleistenzellen zu tun hat, da die helle Fellfärbung auf das Fehlen von Melanocyten zurückzuführen ist – Zellen, die aus der Neuralleiste stammen. Die Pigmentierung eines Tieres wird darüber hinaus soweit bekannt von insgesamt 125 Genen beeinflusst.

Das macht verständlich, dass trotz der gleichen Ursache des Mangels an Neuralleistenzellen die individuelle Pigmentierung am Schluss immer noch einzigartig ausfällt. Dennoch bleibt die Hauptursache für die bunte Fellfärbung der anfängliche „Defekt“ einer reduzierten Anzahl von Zellen der Neuralleiste.

Verkleinerter Kopf (kürzere Schnauze und schmalerer Kiefer)

Ein weiteres Charakteristikum gezüchteter Säugetiere ist die Verkleinerung des Kiefers und des umliegenden Skelettes. Die Tiere bekommen dadurch ein runderes und flacheres Gesicht. Dieser Phänotyp ist häufig mit einem besonders fügsamen Wesen gekoppelt, wie Forscher aus Novosibirsk herausgefunden haben. Das Gesichtsskelett wird hauptsächlich durch Oberkiefer und Unterkiefer ausgeprägt. Beide Knochen entstehen u. a. durch und unter dem Einfluss der Stammzellen der Neuralleiste. Ihre Größe ist ein Zeichen für das Ausmaß der Wirkung von Neuralleistenzellen, womit ein kleiner Kopf auf einen verminderten Einfluss schließen lässt.



Foto: © Dogs (fotolia.com)

Verkleinerte Zähne

Ebenfalls wie beim Kiefer kann man auch bei der Größe der Zähne eine Verkleinerung bei gezüchteten und zahmen Tieren feststellen. Die Zellen der Neuralleiste haben einen besonders starken Einfluss auf die Entstehung der Zähne, da der größte Teil der Zähne aus Odontoblasten (Zellen neuromesenchymalen Ursprungs) gebildet werden, die auch aus der Neuralleiste stammen.

Schlappohren

Schlappohren sind ein häufiges Zeichen von Zähmung und Züchtung bei Tieren. Nur der Elefant hat als einziges wildlebendes Tier ebenfalls hängende Ohren.

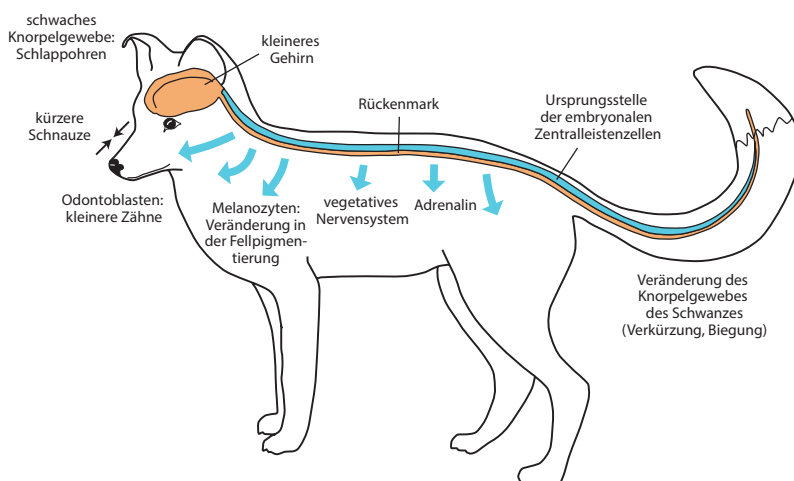


Foto: © DESIGNBYTHOLEN

Die Entstehung dieser Form kann auf einen Mangel an Knorpel zurückgeführt werden, welcher ebenfalls aus Zellen der Neuralleiste hervorgeht. Wenn nicht genügend Stammzellen vorhanden sind, kann dementsprechend wenig Knorpel produziert werden. Dadurch kann das äußere Ohr nicht mehr wie im Normalfall komplett aufgerichtet werden und folglich entsteht ein Schlappohr.

der Drüsen, Nerven des Gehirns und des Rückenmarks, des Nebennierenmarks, der Pigmentierung an Kopf und Rumpf, die Bildung der Zähne, des Knorpelgewebes und Teile des vegetativen Nervensystems.

Abb. 1 Veränderungen der Neuralleiste haben vielfältige Folgen. (Nach WILKINS et al. 2014)



Besonders signifikant ist die Beteiligung der Neuralleiste an der Bildung der Hirnanhangsdrüse und des Nebennierenmarks. So nehmen die Zellen der Neuralleiste auch indirekt Einfluss auf die Reizverarbeitung und Hormonausschüttung und somit auf das Verhalten eines Tieres, besonders wenn es zu einer Stresssituation kommt.

Die embryonalen Neuralleistenzellen spielen also eine wichtige Rolle in verschiedenen Teilen des Körpers eines Tieres und die Qualität der Ausprägung vieler Merkmale hängt direkt oder indirekt von diesen Stammzellen ab. Wenn es beispielsweise zu einer verminderten Auswanderung dieser Zellen kommt, werden folglich auch die daraus entstehenden Organe unterentwickelt oder funktionsgestört sein.

Beispielsweise hat die embryonale Differenzierung der Neuralleistenzellen wie beschrieben auch Auswirkungen auf die Funktion des Hypothalamus (Nervenkerne im Gehirn) und der Nebennierenrinde, die die sogenannte Stressachse beim Tier bildet. Sie beeinflusst, ab wann eine

Situation als bedrohlich eingestuft wird und ob das Tier daraufhin mit Flucht oder Aggression reagiert. Dabei spielt die Ausschüttung des Stresshormons Adrenalin aus der Nebennierenrinde eine besondere Rolle. Wenn nun im Embryonalstadium die Bildung der Neuralleistenzellen verringert war, ist die Nebennierenrinde unterentwickelt und damit die beschriebene Stressachse weniger stark ausgebildet. Das betroffene Tier reagiert im Vergleich mit anderen aufgrund einer verringerten Ausschüttung von Adrenalin entspannter.

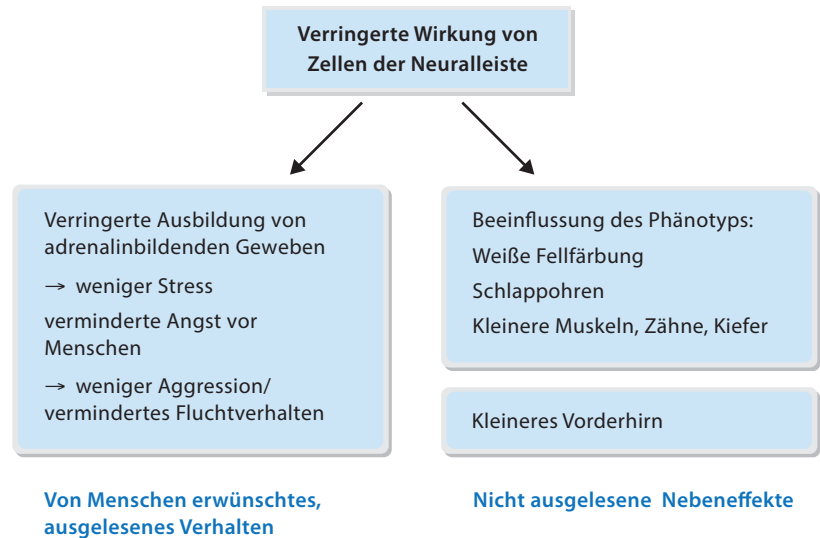
Bei gezüchteten Tieren scheint dieses System derart verändert zu sein, dass eine unbekannte Situation weniger schnell als Gefahr erkannt wird. Die Tiere reagieren folglich friedlicher und zutraulicher. Dabei wird weniger Adrenalin durch das Nebennierenmark ausgeschüttet, letztlich weil anfangs eine geringere Konzentration von Zellen der Neuralleiste vorhanden war, die die Bildung dieser Drüse beeinflussen (s.o.). Folglich zeigt ein solches Tier weniger schnell Stressreaktionen als seine wilden Artgenossen. Dadurch kann es den Menschen auch eher als einen Verbündeten oder Freund erleben, was die zutraulichen Reaktionen noch verstärken wird. Diese Zahmheit ist für Züchter erstrebenswert und somit werden solche Tiere, die diesen anfänglichen „Fehler“ aufweisen – weitergezüchtet.

Die gewünschte Zahmheit hat einige Nebeneffekte, die im Erscheinungsbild auftreten.

Denn für Menschen hat dieser Defekt durchaus Vorteile. Dass die Weiterzüchtung auch noch andere Nebeneffekte hat, kann man nun leicht verstehen. Eine Verringerung der Anzahl der Neuralleistenzellen führt beispielsweise auch zu einer Verringerung der Pigmentierung – weiße Flecken treten auf –, zu einer verringerten Bildung von Knorpelgewebe und somit zu Schlappohren, zu einer Verkleinerung des Schädels oder auch zu kleineren Zähnen. Demnach hat die gewünschte Zahmheit einige Nebeneffekte, die im Phänotyp (Erscheinungsbild, äußeres Aussehen) auftreten. Der Phänotyp von domestizierten Tieren ist also vielfach gekoppelt an die gewünschte Zahmheit, da beides Folgen einer verringerten Wirkung von Neuralleistenzellen sind.

Schlussfolgerungen

Alle beschriebenen phänotypischen Merkmale sind von der Anzahl und der Wirkung der an-



fangs entstehenden Neuralleistenzellen abhängig. Die Konzentration dieser Stammzellen bewirkt die Ausformung vieler Gewebetypen und der von ihnen beeinflussten Organe. Da diese Ursache ganz am Anfang der Entwicklung eines Tieres steht, können die Folgen kleinerer Veränderungen erheblich sein. Eine kleine Ursache hat hier eine große Wirkung. Bis zu einem bestimmten Umfang führen Veränderungen nicht zum Zusammenbruch des Systems, sondern zu einer u.U. erheblichen Veränderung von Merkmalen, die mit dem Leben vereinbar sind.

Im Rahmen der Grundtypenbiologie kann dies so interpretiert werden, dass sehr viele Variationen möglich sind, was als Indiz für eine Vorprogrammierung interpretiert werden kann. Die Möglichkeit für diese ungeahnten Erscheinungsformen wären von Anfang an vorhanden, sie musste nur durch gewisse Faktoren realisiert werden. Dazu ist interessant, dass die Phänotypen, die gekoppelt mit Zahmheit entstehen, als Nebeneffekt besser geeignet für ein Zusammenleben mit dem Menschen zu sein scheinen (vgl. die schönere Fellpigmentierung, kleinere Zähne, kleinere Pfoten, weniger ausgeprägte Schnauze). Es ist sicherlich faszinierend, welche Geheimnisse in Genen, Zellen und Geweben noch schlummern können und welche Vielfalt es noch zu entdecken gibt.

Literatur und Quellen

COLE, Tyler: The incredible fox domestication experiment in Novosibirsk, Russia, <http://vimeo.com/22734940>
 WILKINS AS, WRANGHAM RW & FITCH WT (2014) The “domestication syndrome” in mammals: A unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. *Genetics* 197, 795–808.

Abb. 2 Überblick über einige Zusammenhänge zwischen der Ausbildung der Neuralleiste und gestaltlichen und verhaltensbiologischen Merkmalen.