

Methoden und Aussichten der Tierzuchtung*)

Seit Jahrmillionen züchtet die Natur. Ihre Methoden sind vielfältig. Nicht alle kennen wir. Durch Bildung, Änderung, Kombination und Auslese von Erbanlagen hat sie die Fülle von Lebewesen mit ihren mannigfachen Eigenschaften, Funktionen und Reaktionen hervorgebracht.

Die uns bekannten Zuchtmethoden der Natur sind: Bildung und Veränderung der Desoxyribonucleinsäure, Plasma-, Gen- und Chromosomenbildung und Veränderungen, halbe und mehrfache Chromosomensätze, Kombinationen von Erbanlagen, Koppelung von Erbanlagen in Chromosomen und Plasma; intra- und interalleles Wirken der Gene, Genotyp-Umwelt-Interaktion; Auswahl von Erbanlagen, Chromosomen, Geschlechtszellen, Individuen oder Populationen durch Umweltbedingungen (im besonderen durch Klima, Futter, Mensch, Schad- und Nutzkeime, biologische Gleichgewichte), durch Zufall, durch Geschlechterwahl und durch verschieden große Vermehrungsraten. Die Natur züchtet außerdem in den Populationen (Erbverbänden) durch Ein- und Auswanderung, Vermehrung und Verminderung von Genen, Chromosomen und ihren Kombinationen und durch manches mehr an bekanntem und unbekanntem Geschehen.

Die Natur arbeitet mit kleinen Veränderungen im Erbgefüge, mit großen Vermehrungsraten und mit langen Generationenfolgen. Sie kann es sich leisten, nur nach der Erscheinungsform (dem Phänotyp) zu züchten und die mehr dominant sich auswirkenden Erbanlagen zu bevorzugen. Sie kann es der Zukunft (dem Schicksal) überlassen, darüber zu entscheiden, was geeignet ist und was nicht geeignet ist. Die Natur hat Zeit; sie kennt wirtschaftliche Erwägungen oder Rücksichtnahmen auf bestimmte Verfahren, Meinungen und Methoden nicht. Der Mensch dagegen hat wenig Zeit; er will mit kleinem Tiermaterial in wenigen Tiergenerationen und innerhalb eines Züchter- und Forscherlebens etwas erreichen. Dabei hat er ständig mit dem Futter, dem Aufwand, den Betriebsverhältnissen, den Bedürfnissen und mit anderen wirtschaftlichen Werten zu rechnen. Dem Menschen steht auch nicht die Fülle von Methoden wie der Natur zur Verfügung. Aber sein Denken befähigt ihn, einige ihrer Methoden und eigene mit größerer Treffsicherheit und mit kürzerem Generationsinterwall als sie anzuwenden. Er vermag damit bei seiner Züchtung den Zufall einzuschränken und er verlegt die Entscheidung über den Züchterfolg mehr in die Gegenwart.

Die kleinsten Einheiten im Erbgeschehen sind die Erbanlagen.

*) Festvortrag anlässlich des Universitäts-Jubiläums, gehalten vor der Landwirtschaftlichen Fakultät am 5. Juli 1957.

Darum ist das sicherste Zuchtverfahren die Zucht mit Erbanlagen. Nur in ganz besonderen Fällen hat es die Tierzucht mit wenigen Erbanlagen, die entscheidend für den Zuchterfolg sind, allein zu tun. Das ist z. B. in der Sportzucht und bei Erbfehlern der Fall. In der Sportzucht kommt es z. T. nur darauf an, bestimmte Haarformen, Farben oder ähnliches zu züchten. Diese morphologischen Merkmale sind im allgemeinen durch wenige Erbanlagen fixiert, intra- und interallele Auswirkungen sind bei ihnen überschaubar und die Umwelt hat auf die Variation dieser Merkmale wenig Einfluß. In der modernen rationellen landwirtschaftlichen Haustierzucht spielen solche Merkmale keine Rolle.

Die Blutgruppenforschung (Irwin) hat neue Möglichkeiten der Analyse von Gen-Koppelungen eröffnet. 42 antigenische Faktoren wurden beim Rind festgestellt; sie ergeben 1 Milliarde Kombinationsmöglichkeiten. Die Blutfaktoren werden in Gengruppen vererbt. 10 Loci sind bisher bekannt.

Wieweit diese Gene mit Leistungsgenen gekoppelt sind und ob heterozygote Blutgruppen-Gen-Paare eine größere Lebenskraft bewirken, ist noch nicht bekannt. Man ist jedoch der Meinung, daß stark polygen bedingte Eigenschaften, wie z. B. die Milchleistung oder die Fruchtbarkeit, nicht mit speziellen Blutgruppen korreliert werden können.

Eine gewisse Bedeutung kommt den Erbfehlern zu, wenn auch ihr Anteil an der Erbmasse eines Tieres oder einer Population i. a. gering ist. Erbfehler sind erbliche, entscheidend von nur wenigen Erbanlagen bestimmte Mißbildungen oder Fehlentwicklungen und Ausfälle mit Auswirkungen auf die Lebensleistung (Lebenskraft, Fruchtbarkeit, Wachstum), wie sie an allen Stellen des Körpers, an der Hautdecke, am Skelett, im Geschlechtsapparat, im Verdauungsschlauch, im Kreislaufsystem, an den Stoffwechselorganen, im neuro-hormonalen System usw. vorkommen und wie sie ständig neu entstehen. Ihr Ursprung ist mutativ.

Die Zahl der Mutationen (die Mutationsrate) wechselt mit den Umweltbedingungen. Harte Strahlen, bestimmte Chemikalien, extreme Temperaturen vermehren sie. Schnelle Neutronen sind am wirksamsten. RUSSEL hat z. B. bei Mäusen an 7 markierten Loci (Gen-Orten) in natürlicher Umwelt unter 19 000 Tieren 1 Tier mit „spontaner“ Mutation, bei 600 r (Röntgeneinheiten), unter 900 Tieren 1 Tier mit „künstlich erzeugter“ Mutation festgestellt. Die Strahlendosis der natürlichen Umwelt wird auf 3,4 r geschätzt, die 50%-Letaldosis bei Bestrahlung des ganzen Körpers bei größeren Haustieren auf 300 r, bei kleineren auf 600 bis 900 r, bei Schnecken auf 20 000 r.

Die Zahl der neuen Mutationen hat also, abgesehen von den Sonderfällen einer erhöhten Einwirkung von Strahlen, Chemikalien und hoher Wärme kein wesentliches Gewicht im Erbgeschehen einiger Generationen. Jedoch begünstigt die zumeist rezessive Auswirkung der mutativ entstandenen Allele die Erhaltung von Mutationen in einer Population. So ist unter etwa 1 000 Kindern bei

Mensch und Tier mit einem Scheinzwitter, der durch Mutation entstanden ist, zu rechnen. Der Zufall kann bestehende Mutationen dann vermehren, wenn die Nachkommenschaft eines Trägers solcher Mutationen größeren Anteil an der Population als andere Nachkommenschaften einnimmt. Dies ist bei Inzucht etwas, bei Koppelung der Mutation mit erwünschten Erbmassen, bei weitem Geschlechtsverhältnis (1 Bulle, 100 Kühe) verstärkt und in größerem Umfang bei künstlicher Besamung (1 ♂ / 5 000 ♀♀ und mehr) der Fall.

Die Tierzucht versucht die Erbfehler so früh wie möglich zu erkennen und merzt sie in der Zucht bedingungslos aus: die Träger von solchen Mutationen, ihre Vorfahren, ihre Nachkommen und ihre Verwandten.

Die künstliche Auslösung von Mutationen durch Strahlen, Chemikalien oder Wärme oder die Veränderung des Chromosomengefüges (Bruch, Vermehrung) wird auch in der Haustierzucht versucht. Ein gezielter Einsatz oder wenigstens ein erfolgreicher Einsatz dieser Zuchtmittel konnte nicht erreicht werden. Bisher entstanden dabei entweder Träger neuer Erbfehler oder nicht lebensfähige Tiere. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens sich nur günstig auswirkender Mutationen ist gering. Ihr Anteil an der Gesamtmutation wird, je nach Material, auf 1% bis 1⁰/₁₀₀ und weniger geschätzt.

Auch die Trennung von Geschlechtszellen nach ihrem Verhalten in der Schwerkraft, in der Elektrophorese, bei der Einwirkung von Stoffen oder Temperaturen ist noch ganz im Versuchsstadium.

Die kleinsten Einheiten im Vererbungsgeschehen sind die einzelnen Erbanlagen, bei der Bildung der Geschlechtszellen die Chromosomen und das Zellplasma, bei der Keimbildung die Geschlechtszellen. Diese Einheiten entziehen sich, mit Ausnahme der oben genannten Fälle, der menschlichen Zuchtwahl. Für den Züchter ist das Tier die Züchtungseinheit. In manchen Zuchten ist nicht einmal das Tier die Züchtungseinheit, sondern, wie bei der Biene, die Nachkommenschaft eines Tieres.

Die Methoden der Tierzucht sind in der Hauptsache Methoden der Auswahl von Tieren, der Auswahl und der Kombination von Erbmassen. Die Tierzucht wendet Meßverfahren der Morphologie, Physiologie, Psychologie, Verfahren der Genetik, der Tierzucht eigene Verfahren und solche der Statistik (Variation, Wahrscheinlichkeit) an.

Die individuellen Unterschiede zwischen den Leistungen der Tiere werden außer von der Umwelt von einer nicht übersehbaren Menge von Erbanlagen bestimmt. Jede Leistung entsteht aus dem Zusammenwirken verschiedener Funktionen und die Brauchbarkeit der Nutztiere hängt von mehreren Eigenschaften wesentlich ab.

So soll in Europa das Rind viel Milch mit hohem Gehalt an Fett, Eiweiß und Trockenmasse geben, sicher fruchtbar werden, genügend Muskelfleisch und wenig Fett bilden, eine große Ver-

zehrleistung, eine vielseitige Anpassungsfähigkeit und eine robuste Lebenskraft sein eigen nennen.

Jede dieser Leistungen entsteht aus dem Zusammenwirken vieler Funktionen und damit aus vielen Erbanlagen.

Für die Milchleistungsfähigkeit eines Tieres z. B. sind maßgebend: der Bau, die Masse und die Funktionstüchtigkeit der Milchdrüse, alle Organe des Stoffwechsels, des Kreislaufes, des neuro-hormalen Systems und damit die vielzähligen und z. T. auch psychologischen Bedingtheiten dieser Organe, ihres Zusammenwirkens untereinander und mit der Umwelt. Die Milchgüte weist erblich bedingte Unterschiede in Fett, Eiweiß, Trockenmasse auf, der Tierhalter unterscheidet eine verschiedene Eignung zum Hand- und Maschinenmelken und eine verschieden große Abwehrfähigkeit gegen Infektionen. Ähnliches gilt für alle anderen Nutzleistungen.

Zwischen manchen Eigenschaften bestehen Wechselbeziehungen. Ein Teil ihrer Erbanlagen ist gekoppelt, zum Teil werden sie von den gleichen Erbanlagen beeinflusst, zum Teil hängen sie vom Stoffwechsel usw. ab. Solche Korrelationen engen die Zuchtwahl ein. Unerwünschte Korrelationen behindern die Zuchtwahl, erwünschte fördern und vereinfachen sie.

Ein Teil der physiologischen Leistungen wird von den gleichen Organ-Funktionen gesteuert und in seiner Größe bemessen. So beeinflusst z. B. das neuro-hormonale System (Hypothalamus, innersekretorische Drüsen, das vegetative z. T. auch das sensible und motorische Nervensystem „Stress“), die Höhe der Milchleistung, die Größe der Verzehrleistung, die Fruchtbarkeit und alle weiteren von der Organtätigkeit und vom Stoffwechsel abhängigen Leistungen, wenn auch nicht im gleichen Maße, so doch gemeinsam.

Die Tierzucht wird in Zukunft vom neuro-hormonalen System bestimmte Stoffwechselrichtungen, die Intensiv- und Extensivtypen und ihre Zwischenformen all die Übergänge vom weiblichen zum männlichen Geschlecht u. dgl. noch viel mehr beachten.

Soweit hohe Nutzleistungen die Gesamtleistungsfähigkeit über das erträgliche Maß hinaus beanspruchen, ist bei der Zuchtwahl nach Hochleistungen gleichzeitig auch eine solche nach hoher Gesamtleistungsfähigkeit notwendig. Ein empfindlicher Maßstab für die Beanspruchung der Gesamtleistungsfähigkeit sind die Fruchtbarkeit, Fehlentwicklungen und Ausfallerscheinungen im Sexualgeschehen.

Alles, was vererbt wird, sind Fähigkeiten, Energieformen der Umwelt aufzunehmen und in Elemente und Leistungen des Körpers umzuwandeln. Je mehr die Reaktionsfähigkeiten zur Umwelt passen, um so höhere Leistungen sind möglich. Die Umwelt begrenzt deshalb die Zielsetzung der Zucht und die Leistungen der Tiere.

Es ist jedoch nicht immer richtig, eine Population nur auf eine ganz bestimmte, engbegrenzte Umwelt zu spezialisieren. Eine solche Population erbringt dann zwar diese Höchstleistungen,

entbehrt jedoch einer größeren Reserve an Erbanlagen und an ebensolchen Tieren, die in eine andere Umwelt ebenfalls passen. Die Umwelt beeinflusst aber auch das Schicksal von Erbanlagen und von Erbverbänden.

Einseitige Zuchtziele beim Rind, wie Milch oder Fleisch allein, sind züchtungstechnisch erwünscht, weil leichter zu erreichen; einseitige Nutztiere sind jedoch nur beschränkt brauchbar und wirtschaftlich.

Jede physiologische Leistung wird von der Umwelt variiert. Dies kann die Zuchtwahl sehr erschweren und die Züchtung hemmen, weil die Umwelt stets verschieden ist, und ihre Wirkungen auf den Phänotyp nur z. T. von den erblichen zu trennen sind. Der große Einfluß der Umwelt auf die Leistungshöhe gibt dagegen der Tiernutzung große und rasche Chancen.

Die große Zahl der an der Ausbildung der Zuchtziele beteiligten Erbanlagen ist auf die Chromosomen und auf das Plasma verteilt. Vier Chromosomenpaare bei der Taufliede ergeben 4^4 , 19 bei Schwein 4^{19} , 30 Chromosomenpaare bei Rind 4^{30} Kombinationsmöglichkeiten. $4^{30} = 1,153$ Trillionen! Der Tierbestand unserer großen Zuchtverbände mit 20 000 bis 40 000 Tieren und auch derjenige einer Tierart in der ganzen Welt (300 Millionen Schweine, 600 Millionen Rinder, 800 Millionen Schafe) reicht in einer Generation nur zur Verwirklichung eines Bruchteils aller möglichen Kombinationen aus! Selbst alle Weizenkörner sämtlicher Welt-ernten seit dem Beginn des Ackerbaues erreichen nicht die Trillion.

Diese biologischen Verhältnisse führen zu einer Reihe von wichtigen Tatsachen und Folgerungen:

Die große Masse der lebenden Tiere gehört den Gruppen von Genotypen an, welche nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit am häufigsten gebildet werden: das sind die durchschnittlichen Erbformen. Die sicher zu bestimmenden Plus- und Minusvarianten, und erst recht die Genies und die absoluten Versager, sind selten.

Die Umwelt variiert die Phänotypen mehr oder minder stark im Verhältnis zur Gesamtvariation. Der Anteil der nicht erblich bedingten Variation an der Gesamtvariation ist bei den physiologischen Leistungen häufig größer als der Anteil der erblich bedingten Variationen. Die Umwelt-Variation der Milchleistungen eines Genotyp-Plusvarianten kann unter extremen Bedingungen fast die Gesamtvariation der zugehörigen Population umfassen. Eine Analyse der einzelnen Erbanlagen im klassischen Sinn ist bei Mengenleistungen unmöglich. An die Stelle der Bestimmung der Genotypen treten der Vergleich von Phänotypen und die Schätzung der Erbwerte, an die Stelle der Voraussage des Erbgeschehens die Schätzung des wahrscheinlichen Zuchterfolges. Zu einem wichtigen Hilfsmittel ist dazu die Populationsgenetik geworden. Die Populationsgenetik untersucht mit massenstatistischen Methoden die Erbliehkeitsverhältnisse in den Populationen und Zuchtgenerationen, sie errechnet Schätzwerte für den Anteil der erblich bedingten Variation an der Gesamtvariation einer Eigenschaft, den

Erblichkeitsgrad. Sie ist zu einem weiteren wichtigen Hilfsmittel geworden für die Ausbildung von Zuchtverfahren und für die Überprüfung des Zuchterfolges.

Die beschränkte Sicherheit bei der Zuchtwahl der Eltern, die Vielzahl der möglichen Kombinationen, das Überwiegen der Durchschnitts-Kombination, die kleine Zahl von Nachkommen und die Mutationen zwingen zu ständiger Zuchtwahl. Man kann deshalb vereinfacht (pointiert) sagen, ein Zuchtverfahren ist um so wirksamer, je mehr es die Auswahl der erwünschten Genotypen in der Nachkommenschaft begünstigt.

Die Züchtung versucht durch Schätzung des Zuchtwertes aus den zur Verfügung stehenden Tieren diejenigen, welche einen besonders hohen Bestand an günstig wirkenden Erbanlagen und ein Minimum an ungünstig sich auswirkenden Erbanlagen besitzen oder vermuten lassen, zur Zucht auszuwählen und die dazu reziproken Typen auszuschalten. Die Unterschiede zwischen den Schätzwerten müssen so groß sein, daß eine Trennung in weniger günstig und in mehr günstig sich auswirkende Erbmassen erfolgt. Nur größere Leistungsunterschiede gestatten eine solche Trennung in einander nicht nahestehenden Genotypen. Je mehr sich die Phänotypen und Genotypen vom Mittelwert der Gesamtpopulation günstig unterscheiden und je mehr Nachkommen sie haben, um so erfolgreicher ist die Züchtung.

Alles das erlaubt der Tierzucht nur langsame Fortschritte, gibt ihr aber auch große Möglichkeiten zur Leistungssteigerung. Das zeigen uns alle alten Leistungszuchten. So hat beim Vollblutpferd die scharfe Zuchtwahl nach Rennleistung zu den bekannten Spitzenleistungen geführt, aber nur einzelne überragende Derbysieger konnten in 200 Jahren festgestellt werden. Wir fanden in den Rinderstammzuchten verschiedener Zuchtgebiete mit dem Mutter-Tochtervergleich jeweils nur einen bemerkenswerten Minus- oder Plusabweicher unter etwa 500 bereits mit den Methoden der Herdbuchzucht vorselektierten Bullen. Auswahl und Erfolg der Methoden in der Tierzüchtung werden vom Tiermaterial, von der Genetik, von der Umwelt und von den Verhältnissen in den Zuchtbetrieben bestimmt. Wie die Versuchsanordnung in jedem anderen Experiment, muß sich die Züchtung den Forderungen und Möglichkeiten der Methodik anpassen.

Solche Forderungen sind: Begrenzung auf wenige Zuchtziele innerhalb des Erreichbaren, Zuchtwahl scharf an der Grenze des Erreichbaren, Schwerpunktbildung, Bearbeitung von ein, höchstens zwei Zuchtzielen in einem Züchtungsgang. Das sind derzeit in Deutschland beim Rind Milch und Fleisch, beim Schwein Futterverwertung und Schlachtwert, beim Schaf Mastfähigkeit und Wolle, beim Pferd die Arbeitsleistung.

Die wesentlichen Zuchtverfahren bezwecken:

Die sichere Trennung von Genotypen; die Selektion der Minusvarianten; die Verschiebung des Populationsdurchschnitts in angestrebter Richtung; die Auffindung und sichere Feststellung von

Plusvarianten; die Erzüchtung einer großen Zahl von Nachkommen aus den Plusvarianten, um deren Anteil an den Folgegenerationen möglich groß zu gestalten und um ihnen mit der Zeit das Übergewicht zu geben; die Kombination der Plusvarianten. Jedes Zuchtverfahren gründet sich auf die Schätzung oder die Bestimmung des Erbwertes aus den Phänotypen. Teile der Erscheinungsform werden durch die Beurteilung des Exterieurs, durch die Messung der Leistungen unter Berücksichtigung der Umweltwirkungen und durch den Vergleich erfaßt.

Die Exterieurbeurteilung vermag nur die Leistungen festzustellen, welche im Körperbau, im Körperleben oder in den Verhaltensweisen unmittelbar sichtbar sind. Das ist z. B. bei morphologischen Rassenkennzeichen, bei der Pelzgüte, bei Muskelpartien, soweit sie nicht von Fett oder Wolle verdeckt sind, bei körperlichen Gebrechen und bei manchen Erbfehlern der Fall.

Bei den physischen Leistungen kann die Exterieurbeurteilung nur die Eignung zu solchen und dies sicher zumeist nur in Richtung Minusvarianten abschätzen. Trotz dieser großen Beschränkung ist die Exterieurbeurteilung ein wichtiges Mittel, bereits unter den Jungtieren die erkennbaren Minusvarianten auszuschalten und in der breiten Landestierzucht die offensichtlichen Versager auszumerken.

Die große Bedeutung, welche weite Kreise der Tierzuchtpraxis heute noch der Exterieurbeurteilung zumessen, kommt ihr allerdings nicht mehr zu. Es bedarf hier weniger einer Lösung weiterer Probleme der Exterieurbeurteilung als einer weiteren Lösung von der Exterieurbeurteilung. Die Hilfsmittel der Exterieurbeurteilung, Wiegen und Messen, können, wie auch die physiologischen Meßwerte und die psychologischen Teste jeweils nur über ihren Meßbereich aussagen.

Die Leistungsprüfungen messen die Leistungen. Es wird ständig daran gearbeitet, die Prüfverfahren biologisch richtiger und technisch einfacher zu gestalten, mehr Tiere als bisher in ihren Leistungen zu messen und die Meßergebnisse weitgehend vergleichbar zu machen. Viele Prüfer sind tätig. Die großen Organisationen bearbeiten das anfallende Material massenstatistisch im Lochkartenverfahren.

Je größer der Anteil der umweltbedingten Variationen an der Gesamtvariation einer Leistung ist, um so mehr ist eine Vereinheitlichung der Umwelt oder eine Berücksichtigung der Umwelteinwirkungen oder sind beides bei der Auswertung notwendig. In den Zuchtverbänden vergleicht man die Ergebnisse der in den Betrieben durchgeführten Leistungsprüfungen unter gewisser Berücksichtigung der Fütterung, des Alters und anderer Umweltbedingungen und selektiert die Extremwerte. In höher stehenden Zuchten werden die Unterschiede in den Umwelteinwirkungen gegenüber einer Durchschnittsumwelt mit verschiedenen Verfahren abgeschätzt und bewertet. Aus den Hochzuchten ausgewählte Plusvarianten untersucht man in besonderen Prüfungsanstalten oder

bei Prüfungsveranstaltungen unter möglichst einheitlichen Bedingungen für Alter, Gewicht, Trächtigkeit, Fütterung, Meßstrecke und Meßverfahren.

Ohne Berücksichtigung der Umwelt ist bei Leistungen wie der Milchleistung, Mastleistung, Legeleistung die Differenz zwischen den möglichen Umweltvariationen eines Genotyps und der erblichen und nichterblichen Gesamtvariationen der Population zu klein, um der Züchtung genügend Möglichkeiten der Zuchtwahl zu geben.

Die Zuchtwahl nach den Ergebnissen der Leistungsprüfungen führt in der Massenauslese zur Ausschaltung der phänotypischen Minusvarianten und zu einer Verschiebung der Gesamtvarianten nach der Plusseite. Der Zuchtwahlerfolg hängt bei der Massenauslese mehr von der Größe des Anteils der in der Zucht verbliebenen Minusvarianten ab, als von der Vermehrung der Plusvarianten.

Bestimmende Größen sind bei der Massenauslese wie bei jedem Zuchtverfahren:

die Größe der genotypischen Variation, der Anteil der genotypischen Variation an der Gesamtvariation, Umfang und Meßwert der Leistungsprüfungen, die verschiedenen großen Einwirkungen der Umwelt, die Streubreite der Umwelteinwirkungen, die Möglichkeit, bei beiden Geschlechtern die Leistungen festzustellen oder den Erbwert aus den Nachkommen abzuschätzen.

So ist z. B. die Züchtung der Wollgüte verhältnismäßig einfach und sicher, weil diese Eigenschaften bei beiden Geschlechtern erkannt werden können und weil die Umwelt sie wenig variiert. Der Milch-Fettgehalt kann zwar nur bei den weiblichen Tieren festgestellt werden, aber infolge der geringen Umweltvariation und infolge des großen Anteils der Genotypvariation an der Gesamtvariation ist die Zuchtwahl erfolgreich. Dagegen ist die Zuchtwahl bei geschlechtsgebundenen Eigenschaften, wie die Milchleistung, mit großer Umweltempfindlichkeit, mit großem Anteil der umweltbedingten Variation und mit kleinem Anteil der Genotypvariation an der Gesamtvariation sehr schwierig. Sie kommt nur mit besonderen Verfahren und auch dann nur langsam vorwärts. Bei kleiner Vermehrungsrate ist sie beinahe aussichtslos. Das ist z. B. beim Laktationsverlauf der Kühe, bei der Melkbarkeit der Euter u. ä. Eigenschaften der Fall.

Der Aufwand und die Zeit fordern eine Auslese so früh als möglich. Je jünger die Tiere ausgewählt werden, um so rascher und billiger erfolgt die Zuchtwahl, je älter die Tiere ausgewählt werden, um so sicherer. Bei der Zuchtwahl junger, noch nicht ausgewachsener Tiere sind die Erscheinungen der Neotenie, das Steckenbleiben im Jugendstadium und die Alter-Genotyp-Interaktion, die Veränderung der Reaktionsfähigkeit mit dem Alter, zu beachten, z. T. noch zu erforschen.

Das Züchten mit extremen Plusvarianten ist immer wertvoll und stets anzustreben. Die Einzelauslese in den Hochzuchten ist

weitgehend eine Auslese möglichst sicher bestimmter Plusvarianten. Die Plusvarianten kann man gewöhnlich erst unter den älteren Tieren feststellen. Das können in der Milchrinderzucht nur Kühe mit mehreren Leistungsabschlüssen und mit großen, sicher bestimmten Differenzen zum Populationsdurchschnitt oder ältere Vatertiere sein, deren Töchter bereits genügend lang Milch geben, um ihre Leistungsfähigkeit und damit den Erbwert ihrer Väter abzuschätzen.

Viele sichere, wenn auch nicht extreme Plusvarianten tragen zur Verbesserung einer Population mehr bei, als wenige, wenn auch extreme Plusvarianten, solange der Anteil ihrer Nachkommenschaft an der Gesamtpopulation nicht entsprechend groß ist.

Bei weiblichen Leistungen, wie z. B. bei der Milchleistung, erfolgt die Einzel-Auslese am raschesten über die weiblichen Plusvarianten, weil bei ihnen der Erbwert bereits aus ihren eigenen Leistungen geschätzt werden kann. Die Schätzung des Erbwertes der Vatertiere kann erst eine Generation später aus den Leistungen der weiblichen Nachkommen erfolgen.

Die Nachkommenprüfung ist ein wichtiges Mittel zur Schätzung des Erbwertes. Sie prüft das Freisein von erblichen Mängeln, die Gesamteignung und bestimmte Leistungen der Nachkommen. Jede Prüfung erfolgt so früh als möglich. Die Sicherheit der Schätzung des Erbwertes von Mutter- und Vatertieren aus den Nachkommen ist an verschiedene Bedingungen geknüpft:

1. Die angepaarten Mütter oder Väter sind repräsentativ für die Population, in welcher das Zuchttier weitere Verwendung finden soll.
2. Die geprüften Nachkommen sind repräsentativ für die Nachkommenschaft und für die Erbmasse des Zuchttieres.
3. Die Umwelt ist repräsentativ für das in Frage stehende Zuchtgebiet.

Je nach Tiermaterial, Leistungsart und Betriebsverhältnissen werden diese Bedingungen auf verschiedene Weise erfüllt. Bei einer sehr großen Zahl von Nachkommen und von Betrieben in einem einheitlichen Fütterungs- und Haltungsgebiet werden in den gleichen Ställen die gleichaltrigen und gleichzeitigen Nachkommenschaften untereinander verglichen. Dieses Verfahren kann bei Nachzuchten von mehreren Bullen einer Besamungsstation oder von Hähnen einer Zucht angewandt werden. Es ermöglicht eine Wertung der Vatertiere untereinander.

Ein anderes Verfahren vergleicht die große, weitverstreute Nachkommenschaft eines Vaters mit den Leistungen der gleichaltrigen, gleichzeitigen Stallgenossen, die alle Kinder einer sehr großen Zahl von Vätern sind und die nach Erbmasse und Umwelt den Durchschnitt der Population repräsentieren.

In Hochzuchten und bei Spezialzüchtungen wird der Mütter-Töchter-Vergleich angewendet. Dieses Verfahren ist besonders

dann notwendig, wenn kleine Nachkommenschaften vorliegen oder wenn die Vatertiere nicht mit den gleichen, für die Population repräsentativen Muttertieren gepaart werden. Der Mutter-Tochter-Vergleich setzt größere Herden oder in den zusammengefaßten Betrieben eine große Einheitlichkeit in Fütterung und Haltung voraus. Nur bei einheitlichen Umweltbedingungen, u. U. bei Anwendung von Vergleichsmaßstäben für Alter und Stallumwelt, kann mit einer kleineren Zahl von Nachkommen, wie sie zumeist gegeben ist, der Erbwert noch brauchbar geschätzt werden.

Die Prüfung von Nachkommen wird auch in besonderen Prüfungsanstalten mit weitgehend einheitlicher Umwelt vorgenommen. So z. B. bei Schwein, bei Geflügel, bei Kaninchen, z. T. auch beim Rind. Probleme dieser Prüfungsstationen sind: Die repräsentative Auswahl der Tiere (Muttertiere und Nachkommen), die Vereinheitlichung aller wesentlichen Umweltbedingungen, der kleine Aktionsradius, die hohen Kosten und die Gefahren einer Infektion. Der Mütter-Töchter-Vergleich und die Prüfungsstationen für die Nachkommen dienen mehr der Einzelauslese und der Auffindung überragender Plusvarianten, als dem Vergleich der Vatertiere untereinander. Der Aufwand und die späte Anwendungsmöglichkeit der Nachkommenprüfung bedingen, daß derzeit in Deutschland nur bei 5% der Bullen eine Erbwertsschätzung auf Grund der Nachkommenschaft vorliegt. 95% der Vatertiere werden nach ihrem Phänotyp, dem ihrer Eltern, Geschwister und engeren Verwandtschaft ausgewählt.

Eine Fülle von Verfahren und Kombinationen dieser werden angewendet, um die ausgelesenen Erbmassen zu vermehren und zu kombinieren. Jedes Zuchtverfahren stellt ihm eigentümliche Forderungen an das Zuchtmaterial, an die Anwendbarkeit innerhalb einer Generation oder in aufeinanderfolgenden Generationen. Die Erfolgsaussichten eines Zuchtverfahrens: Sicherheit der Auswahl und Erzeugung von Plusvarianten, Zeit und Generationenverbrauch bis zum Erfolg, wirtschaftlicher Aufwand und anderes, hängen außer vom Zuchtverfahren auch vom Zuchtmaterial, von der Umwelt der Tiere und von den wirtschaftlichen Verhältnissen in den Betrieben ab. Das den jeweiligen Bedingungen besonders gut angepaßte Zuchtverfahren hat unter allen anderen die größten Aussichten zum Erfolg.

Am meisten wird die **Reinzucht** angewandt, d. h. die Paarung von Tieren desselben Erbverbandes (Rasse, Herdbuch), wobei die entsprechende Abstammung für (3) 5—10 Generationen nachgewiesen sein muß. Die Reinzucht erhält den Erbanlagenbestand einer Population in etwa der gleichen Zusammensetzung und kann bei entsprechender Auslese und Kombination Verbesserungen über die bestehenden Variationsbreiten hinaus erzielen. Vorteile der Reinzucht: Nachkommenschaft ist überwiegend brauchbar; Nachteile: in anderen Erbverbänden vorhandene Erbanlagen fehlen.

Die Inzucht ist eine Paarung nahverwandter, durch wenige Zeugungsakte getrennter Tiere.

Die Inzucht begünstigt die Homozygotie und verringert die Heterozygotie. Mehr als alle anderen Verfahren vermehrt sie die Auswirkung rezessiver Erbanlagen und verringert die der dominanten. Darin liegen die Besonderheiten der Inzucht. Bisher unerkannt gebliebene rezessive Erbanlagen, keiner Zuchtwahl unterworfen, angesammelt seit vielen Generationen, und neue Mutationen, zumeist von schädlicher Auswirkung auf die Lebenseignung — Lebenskraft, Wachstum, Fruchtbarkeit, Erbfehler — kommen nun in den Folgegenerationen zur Geltung. Sie bewirken die Inzuchtschäden.

In einem Allelen-Paar wirken 2 dominante Gene nicht stärker, im Falle einer „gesteigerten Wechselwirkung heterozygoter Allele“ (Überdominanz), sogar schwächer auf den Phänotyp ein als ein dominantestes Gen (\sim Enzym-Wirkungen).

Solange innerhalb einer Population (Nachkommenschaft) die Zahl der dominant und günstig sich auswirkenden Erbanlagen kleiner ist als das Zweifache der Zahl der Tiere dieser Population, sinkt nach Inzucht die Zahl der Träger von je 1 dominanten günstigen Erbanlage und damit der Tiere mit den besseren Leistungen. Auch das ergibt Inzucht-Depressionen und umgekehrt Kreuzungseffekte. Erfolgt nach Inzucht kein Hervortreten rezessiver schädlicher Erbanlagen und keine Herabsetzung der Dominanten-Wirkung in der Nachkommenschaft, dann kann sie Hervorragendes leisten. Die Geschichte der Tierzucht und der Menschheit weist dazu hervorragende Beispiele auf.

Die Inzucht wird in der Tierzucht in Sonderfällen angewendet zur Vermehrung wertvoller Erbmassen, zur Erhöhung der Homozygotie, zur Erkennung und Ausscheidung der Träger unerwünschter rezessiver Erbanlagen, zur Herauszüchtung von Linien mit einseitig hohen Leistungsfähigkeiten, zur Linienzucht für Kombinationszüchtung und zur Heterosiszüchtung.

Man spricht von Heterosis, wenn nach einer Kreuzung die F_1 besser als die Durchschnitte der Eltern-Erbverbände ist, dieser Effekt nur in der F_1 zu erreichen, die F_2 jedoch schlechter als die F_1 ist. Es bedarf der Klärung, bei welchen Haustieren, bei welchen Leistungen und unter welchen natürlichen und betriebswirtschaftlichen Bedingungen durch die Auswahl und Paarung von Plusvarianten allein oder durch die Schaffung und Kombination von Inzuchtlinien größere, raschere und billigere Zuchterfolge zu erzielen sind. Man ist z. T. der Auffassung, daß nur durch die Herauszüchtung von Inzuchtlinien und durch deren Kreuzung zum Zwecke der Kombination oder der Inzucht-Heterosiszüchtung rasche Fortschritte erreicht werden können.

Die Großtierzucht stellt der Inzucht-Heterosiszüchtung große Schwierigkeiten entgegen. Kleine Tiere mit großer Vermehrungsrate sind dazu besser geeignet. In den USA konnten mit der Inzucht-Heterosiszüchtung Hühnerzuchten mit einer wirtschaftlich bemerkenswerten Heterosiswirkung bei Frühreife (Wachstum und

Mast) und Futtermittelverwertung erzüchtet werden. Geringe Erfolge waren bisher der Inzucht-Heterosiszüchtung bei der Legeleistung beschieden.

Unter Kreuzung versteht man die Paarung von Angehörigen weiter auseinanderstehender Erbverbände (Art, Rasse, Inzuchtlinien). Ihre Aufgabe ist die Zusammenführung von Erbanlagen, die auf mehrere Erbverbände verteilt sind und / oder die Vermehrung der Heterozygotie.

Die Verdrängungskreuzung ist bei den größeren Haustieren ein wichtiges Zuchtverfahren. Sie führt ein vorhandenes Tiermaterial durch überwiegende Verwendung von Vätertieren der neuen Zuchtichtung (zumeist Rasse) weitgehend in diese über. Bei entsprechender Zuchtwahl wird dieses Ziel im allgemeinen in 8—10 Generationen, das ist beim Rind in 30 bis 40 Jahren, erreicht, bei Selektion unter den Nachkommen und entsprechenden Rückkreuzungen und Kombinationen bereits in kürzerer Zeit. Für den Zuchterfolg sind die Erbmassen der Eltern entscheidend, nicht die Erbmassen der Erbverbände, welchen sie angehören. Das deutsche Tierzuchtgesetz erzwingt durch die Körung in der Landestierzucht eine ununterbrochene Verdrängungskreuzung in Richtung Herdbuchzucht, die ihrerseits durch Auslese, Ausscheidung der Minusvarianten und Kombinationen der Plusvarianten ständig fortentwickelt wird. Zumeist ist die Verdrängungskreuzung mit einer gewissen Kombinationszüchtung verbunden.

Die Kombinationszüchtung hat in der Tierzucht seit jeher wichtige Aufgaben zu erfüllen. Alles, was an Erbanlagen auf mehrere Erbverbände verteilt ist, kann nur durch Kombinationszüchtung in einem Erbverband vereinigt werden. Schwierig ist die Einfügung einzelner Erbmassen in einen Erbverband und die Ausschaltung anderer, mit ihnen verbundener Erbmassen, die nicht erwünscht sind.

Die Kombinationszüchtung hat in Europa seit dem 17. Jahrhundert zu vielen wichtigen Pferderassen, Schweinezuchten und Schafrassen geführt. Die Gesamtvariation mancher Erbverbände ist dadurch so groß geworden, daß noch heute die Züchtung mit der Auswahl der besonders günstigen Kombinationen und Plusvarianten Erfolge erzielen kann. Die Kombinationszüchtung wird seit einigen Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika, in Rußland, in Asien, in Afrika, in Australien und in Neuseeland im großen Maßstab angewendet. Man will die Erbanlagen wertvoller Leistungsrassen entweder mit den Erbanlagen einheimischer, optimal in die Landesumwelt eingepaßter Rassen verbinden, oder man kombiniert die Erbmassen für Hochleistungen mit denjenigen für Anpassungsfähigkeit in tropische, subtropische oder antarktische Verhältnisse.

So wurde in den Südstaaten der USA ein Mastrind für die heißen Steppengebiete von Texas, für Länder der Subtropen und die angrenzenden Tropen erzüchtet, durch die Kombination der Anlagen zu Wachstumsgeschwindigkeit, Verzehrleistung, Mast-

leistung und Schlachtwert der einseitig auf frühreife Mast gezüchteten Mastrassen Englands mit den Erbmassen von Zeburassen, die an heiße Klimazonen angepaßt sind, mehr Abwehrkräfte gegen Seuchenkeime der warmen Klimagebiete und gegen Überträger solcher Seuchen besitzen. Man hat zu diesem Zweck innerhalb der vielen Rassen des Zeburindes Masttypen ausgewählt. Um für feucht-warme subtropische Gebiete eine leistungsfähige Milch-Rinderzucht zu entwickeln, wird derzeit eine Kombinationszüchtung der Erbmassen der Jersey- und der Sindhi-Zebu-Rasse durchgeführt. Die Jersey wurde vor 200 Jahren von Mönchen auf der Kanalinsel Jersey auf einseitige Milchleistung gezüchtet. Gegenüber den anderen Milchrassen zeichnen sie sich durch einen sehr hohen Fettgehalt, 5—8%, und durch ein Wärmeregulierungsvermögen aus, das ihre Anpassungsfähigkeit auf ein Temperaturband von + 5 °C bis über + 25 °C erweitert, während die anderen europäischen Rassen ihr optimales Leistungsvermögen bei Dauertemperaturen über 20 °C verlieren. Bioklimatische Untersuchungen haben zu diesen Erkenntnissen die Unterlagen geschaffen. Die Sindhi-Zebu sind Milchtypen unter den indischen Rindern. Sie sind, wie alle Zebus, seit Jahrtausenden hoher relativer Feuchtigkeit und den tropischen und subtropischen Verhältnissen angepaßt.

Rußland führt in Sibirien Kombinationen von westlichen Milch- und Milchfleischrassen mit den einheimischen Hausrindern, mit Zebu und mit Yak, durch.

In Australien, in Afrika und in Asien sind Zuchtpläne in Arbeit, beim Schaf entweder Wollmenge, Wollgüte, Mastfähigkeit und Fruchtbarkeit zu kombinieren oder Wollleistung und Anpassungsfähigkeit in die landeseigenen Extensivverhältnisse. Man rechnet hier mit etwa 20 bis 30 Jahren Zuchtarbeit bis zur Erreichung der gesteckten Ziele.

Diese Zuchtpläne sind zum Teil gleichzeitig verbunden mit Plänen zur Erhöhung der Futtererträge, mit großen Arbeiten in der Landeskultur, mit der Düngung der Weideflächen vom Flugzeug aus, mit der systematischen und regelmäßigen Bekämpfung von Seuchen, mit dem Aufbau von Organisationen für Erfassung und Absatz.

Einen kleineren Umfang haben demgegenüber die Kombinationszüchtungen von Yak und Zebu in den Hochgebieten Zentralasiens, die Kombination von Wisent und Hausrind in den antarktischen Gebieten und die Arbeiten, das Rentier noch mehr als bisher zum Haustier zu machen.

Die Tierzucht rüstet sich in diesen Ländern auf die Zunahme der Weltbevölkerung im allgemeinen und auf die Hebung des Lebensstandes im besonderen.

Auch neue Haustiere werden dem Wildbestand immer wieder entnommen. Mit Besorgnis verfolgt die Tierzucht die Abnahme der Wildtierbestände und das Aussterben mancher Rasse und Tierart. Die Tierzucht fühlt sich für die Erhaltung und Fortentwicklung der bestehenden Arten, der vorhandenen Rassen und

anderer Erbverbände mitverantwortlich. Der Tierzüchter soll ja auch ein Keimwirt sein, ein Erhalter aller wertvollen Erbmassen in der Tierwelt, ein Hüter und Pfleger alles dessen, was die Natur in Jahrmillionen an Tieren entwickelt hat und was in der Regel einmalig und nicht wiederholbar ist. Die Züchtung bei Tier und Pflanze kann nur aus dem schöpfen, was ihr die Schöpfung gegeben!

Besondere Probleme stellen die geringe Vermehrungsrate und langsame Generationsfolge der Tierzüchtung. Hier eröffnen die künstliche Besamung und die Keimübertragung neue Aussichten.

Die künstliche Besamung vermehrt die Nachkommenschaft eines Vatertieres auf das 100fache. Ein solcher hoher Anteil der Nachkommen eines Vatertieres an der Gesamtnachkommenschaft ist natürlich nur dann erwünscht, wenn diese genotypisch über dem Durchschnitt stehen. Um dies sicherzustellen, kann man beim Rind folgendes Verfahren theoretisch entwickeln:

Auswahl von 500 Bullen nach Güte der Eltern und Vollgeschwister und nach dem eigenen Phänotyp, erste Samenentnahme im Alter von 8 bis 9 Monaten, künstliche Besamung von 100 ausgewählten Testkühen je Vatertier. Weiterhin regelmäßige Entnahme von Samen, der durch Einfrieren konserviert wird.

Nach einem Jahr Auslese der Bullen nach der körperlichen Beschaffenheit, der inzwischen geborenen Nachkommen, und nach 3 bis 4 Jahren nach deren Milchleistung. Die überragenden Plusvarianten sind damit in einem Alter von 4 bis 5 Jahren festgestellt und werden zur Zucht freigegeben. Der inzwischen in den 3 bis 4 Jahren angesammelte Samen reicht für 15 000 bis 30 000 Besamungen. Zusammen mit den Besamungen in den folgenden 5 Jahren ergibt das 70 000 bis 80 000 Nachkommen je Bulle und rasche Zuchterfolge in 10 Jahren.

Damit noch nicht genug, arbeitet man auch daran, von den überragenden Plusvarianten unter den Kühen mehr Nachkommen zu erhalten. Man versucht durch Hormoneinspritzungen anstelle von 1 Ei, 10 bis 20 Eier je Geschlechtszyklus abzustößen, diese zu befruchten, die Keime auszuschwemmen und in Austragkühe zur Fortentwicklung einzupflanzen. Die Plusvarianten benutzt man also nur noch zur Keimbildung, aber nicht mehr als Muttertiere zur Entwicklung der Embryonen. Theoretisch sind je Kuh und Jahr 100 bis 300 Keimbildungen möglich. Die Infektionen bei der Keimübertragung und die künstliche Übereinstimmung von Spender- und Austragekühen auf den gleichen Zustand im Geschlechtszyklus bei Übertragung der Keime, sind z. Z. beim Rind die größten, noch nicht überwundenen Schwierigkeiten. Beim Kaninchen wird bei der Keimübertragung bereits mit 30 bis 40% Treffern gearbeitet.

Diese Beispiele sollen nur die Möglichkeiten von neuen Züchtungsverfahren, hier die Vergrößerung der Vermehrungsrate, aufzeichnen. Die Aussichten der Tierzüchtung wechseln mit den For-

derungen und sind je nach der Entwicklung der Lebenslagen verschieden zu bewerten.

Von Hennen wurden in Japan in 1 Jahr 400 Eier gelegt (Durchschnitt BRD 140). Milchleistungen von 12 000 bis 15 000 kg Milch je Jahr sind keine Seltenheit mehr, Milchleistungen von 20 000 kg wurden jedoch nur zweimal bisher festgestellt (Durchschnitt BRD Herdbuch 4 400 kg, alle Kühe 3 200 kg). Bei entsprechenden Hochleistungen strebt die Züchtung eine Kombination von Nutzungsrichtungen, eine Verbesserung der Futtermittelverwertung, der Frühreife und der Lebensleistung (Reaktions- und Widerstandsfähigkeit, Resistenz) an.

Die Tierzucht hat in den letzten Jahrzehnten beachtliche Fortschritte zu verzeichnen und noch viel größere sind möglich, ohne daß bei vielen wichtigen Leistungsfähigkeiten eine Verminderung des Auswahleffektes zu erwarten oder eine Störung des physiologischen Gleichgewichtes zu befürchten ist oder unerwünschte Korrelationen die Zuchtwahl einschränken. Die Zusammenfügung aller in einer Haustierart vorhandenen, aber auf viele Individuen verteilten günstigen Erbanlagen und die Ausmerzungen sich ungünstig auswirkender Erbanlagen stellt noch viele Aufgaben. Dieses und die kummulative Wirkung der zusammengeführten Erbeinheiten werden die Plusvarianten der Zukunft über die Variationsgrenzen der Gegenwart hinausführen.