

## **Anhang D Genetische Erkenntnisse und Schöpfungsgeschichte**

Aus **einer** befruchteten Eizelle entsteht mittels der Information des Erbgutes durch fortlaufende Zellteilung (beim Menschen) ein Organismus, der aus rund  $10^{14}$  Zellen mit differenzierten Organen (Leber, Niere, Gehirn) besteht. **In jeder Zelle ist, mit Ausnahmen, das vollständige Erbgut in zwei sehr ähnlichen Sätzen** (einer von der Mutter, einer vom Vater) vorhanden; die zwei Sätze werden bei jeder Zellteilung kopiert. Die **Körperzellen** sind sog. **diploid**. Die **Keimzellen** (Eizellen und Spermien), die sich im Lauf der Embryonalentwicklung bilden, enthalten durch „Reduktionsteilung“ nur einen Satz; sie sind **haploid**, so dass bei der Vereinigung der Keimzellen eben wieder eine diploide Frucht (Zygote) resultiert. Mit Ausnahme der Ribonukleinsäure-(RNA-) Viren wird **Erbgut immer und überall durch DNA repräsentiert** (mit den gleichen Baustein-Typen, aber unterschiedlichen Bausteinfolgen, je nach Spezies). **DNA hat also zwei legislative Aufgaben**: einerseits gibt sie über die Befruchtung ihre Information an die nächste Generation weiter, andererseits informiert sie jede Zelle in einem Organismus über ihre Aufgaben. Naturgemäß sind diese Abläufe bei einzelligen Organismen (Bakterien) etwas anders. Der Kopierprozess der DNA bei jeder Zellteilung muss als gigantisch bezeichnet werden. Die DNA des Menschen verzeichnet in einem Strang, wenn auch aufgeteilt in 23 **Chromosomen\*** (im diploiden Doppelsatz 46) die Abfolge von 3 Milliarden fest verknüpfter Nukleotide\*; da es sich um wendeltreppenförmig verdrehte Doppelstränge handelt, errechnen sich 6 Milliarden, und in diploiden Zellen ergeben sich 12 Milliarden, die getreulich kopiert und verdoppelt werden müssen, damit jede Tochterzelle ihren kompletten, diploiden Satz erhalte.

Die Bewunderung steigt ins Ungemessene, so man bedenkt, dass aus **einer** befruchteten Eizelle Organismen mit rund  $10^{14}$  Zellen (100 Billionen) entstehen; es handelt sich aber um weit mehr als  $10^{14}$  Kopierprozesse, da die meisten Zellen nicht lebenslanglich überleben und ersetzt werden müssen. Rote Blutkörperchen z.B. überdauern nicht mehr als 100 Tage. Mit diesen Zahlen allein verstehen sich Fehlerquellen (S. unten).

**Proteine\*** bestehen aus Aminosäuren\*. **Immer handelt es sich um die gleichen zwanzig Aminosäure-Typen, die je nach Protein in bestimmter Folge untereinander fest verknüpft sind.** Das gilt vom Plankton bis zum Menschen, obschon von Art zu Art (Spezies) die Anzahl der Protein-Typen, ihre Funktionen und damit die Reihenfolge der Aminosäuren in einem Protein-Typ zum Teil unterschiedlich sind. Viele Moleküle kommen in zwei Formen

vor: sie sind bei gleicher Bruttoformel (gleiche Anzahl von Atomen in gleicher Anordnung) spiegelbildlich (chiral). Der **Doppelstrang der DNA ist immer rechts herum verdrillt**; hingegen sind die im Leben verwendeten zwanzig **Aminosäuren-Typen links-chiral**, obschon für die Gesetze der Chemie die Chiralität unwesentlich ist.

**Immer und überall** enthalten die Bausteine der DNA, die sog. Nukleotide\*, bzw. die sog. „Basen“\* A, C, G, und T. Diese Nukleotide sind in der DNA fortlaufend zu **Dreiergruppen (Triplets)** formiert. Die Abfolge dieser Dreiergruppen als **Codons\*** in einem Gen legt die Abfolge der Aminosäuren im zugehörigen Protein-Typ fest. Die Zuordnung der Codons zu den Aminosäuren wird als **genetischer Code** bezeichnet. **Dieser Code ist universell**. DNA codiert nicht direkt für Proteine und ist am biochemischen Prozess der Synthese der Proteine (der Verknüpfung der Aminosäuren) nicht direkt beteiligt.

Bei höheren Organismen mit einem Zellkern liegt die DNA im Zellkern, indes die Synthese der Proteine wohl in der Zelle, aber ausserhalb des Zellkerns stattfindet. Es bedarf, was wiederum für die ganze Lebewelt, einschliesslich der einzelligen Organismen, gilt, der Informations-Überträger, der sog. Boten-Ribonukleinsäuren (mRNA), die an der DNA überschrieben werden, dann zu den Orten der Proteinsynthese wandern und diese direkt leiten. RNA ist im Prinzip gleich gebaut wie DNA, verwendet aber Uracil (U) anstelle von Thymin. Stark vereinfacht kann man sagen, dass pro aktives Gen in fortlaufender Folge korrespondierende mRNA's abgelesen werden. So ergeben sich bedarfsgerecht in zeitlicher Folge viele Exemplare des gleichen Protein-Typs, wodurch der Abbau ersetzt wird. („Ein Gen - ein Protein“). Gewisse Proteine sind langlebig (Tage), andere kurzlebig (Minuten).

Mensch und Tier verfügen über etwa 25'000 Gene; je nach Entwicklungsstadium und Organ sind die einen stumm, andere sind aktiv. Meist wird der genetische Code durch die Basenabfolge in den Dreiergruppen der RNA angegeben. Vier Teilnehmer in Dreierkombinationen ergeben ja  $4^3=64$  Möglichkeiten; es gibt also mehr Codons als verwendete (20) Aminosäuren, so dass mehrere Codons die selbe Aminosäure determinieren können. UUU ist **immer** das Codon für die Aminosäure Phenylalanin, UGC immer für Cystein, AAA immer für Lysin und so fort. Wir kennen Gründe, weshalb (nicht aber wann und wie) die Natur auf diese **universelle** Lösung des Zusammenhangs zwischen DNA und Protein gekommen ist. UUU wäre an sich ebenso gut tauglich für die Codierung der Aminosäure Lysin.

Es würde hier jedoch zu weit führen, den komplizierten biochemischen Vorgang der Proteinsynthese zu schildern. Es möge genügen, die kleinen, intrazellulären Organellen, die **Ribosomen\***, zu nennen, die diesen Vorgang unter Leitung der mRNA's bewerkstelligen. **Es muss betont werden, dass nicht einzusehen ist, weshalb all das einheitlich für die ganze Lebewelt gälte, wäre sie mehrmals zugleich oder nacheinander entstanden.** Wesentlich ist auch die Tatsache, dass die energiereicheren intrazellulären Organellen, die **Mitochondrien\***, in einem riesigen Bereich der Lebewelt vorhanden sind. Da sie über ein kleines, eigenes Erbgut verfügen, sind sie wahrscheinlich von einem (einzelligen) Uroorganismus aufgenommen und, sich kopierend, in alle Zellen der Nachkommenschaft integriert worden und über Äonen geblieben. Die Mitochondrien oxydieren in der sog. Atmungskette\* Nährstoffe, produzieren CO<sub>2</sub> und Wasser und gewinnen dabei Energie, gebunden in der energiereichen Substanz **Adenosintriphosphat (ATP)**; auch diese ist **universell**, obschon es andere energiereiche Verbindungen gibt. Mit ATP betreiben die Organismen den energiezehrenden Austauschstoffwechsel, wie zum Beispiel die Verknüpfung der Aminosäuren bei der Proteinsynthese. Ähnliches gilt für die Organellen der Pflanzen (Chloroplasten\*), die die Fotosynthese vollziehen, die also aus CO<sub>2</sub> und Wasser mit Hilfe des Sonnenlichtes Zucker herstellen. Das möge an Schwerverständlichem genügen.

Man unterscheidet, wie erwähnt, haploide Keimzellen in der „Keimbahn“ von den diploiden Körperzellen („Soma“); alle diese Zellen entstehen aus einer befruchteten Eizelle mittels Zellteilungen. So können **Variationen** heute leicht erklärt werden durch sog. **Substitution\*** („Ersatz, Fehleinbau“) von Nukleotiden in Codons im Laufe der Kopierprozesse mit der Folge der **Mutation**, der Änderung von Aminosäuren-Abfolgen in Proteinen. Falls Mutationen über die „Keimbahn“ dauerhaft von Generation zu Generation weitergegeben werden, so handelt es sich um einen **evolutiven** Vorgang. Der Einwand, Substitutionen von einzelnen Basen und somit Punktmutationen vermöchten nimmermehr einer Differenzierung der Lebewelt und der Schaffung neuer Arten zu genügen, verfängt nicht, weil die genetischen Änderungen, über die die Natur verfügt, weit vielfältiger sind: Abgesehen von Substitutionen durch Kopierfehler bei der Reproduktion des Erbgutes im Rahmen der Zellteilungen können auftreten: Insertionen (Einfügen von Basen), Deletionen (Weglassen von Basen), Genverdoppelungen, Genverluste, Inversionen (Umkehr der Richtung genetischer Abschnitte), Fusion von Chromosomen, Ungleichverteilung von Chromosomen bei Zellteilungen (z.B. Trisomie 21\*), „hüpfende“ Gene, die sich irgendwo in einer DNA-Sequenz einnisten und so die Information für ein Protein unterbrechen oder bezüglich seiner Funktion verändern. **Der Begriff der Mutation ist dem-**

**nach breit zu fassen.** Bei der Neuschaffung von Arten spielt zudem die **Isolation** eine Rolle (z.B. Madagaskar, Südamerika, Australien).

Naturgemäß treten Mutationen auch in Körperzellen (**somatische Mutationen**) auf, sei es durch Kopierfehler, sei es durch Umwelteinflüsse wie Chemikalien oder Strahlen. Solche Änderungen wirken sich in der Erbfolge nicht aus, können aber beträchtliche Schäden (bösartige Tumoren, z. B. schwarzer Hautkrebs, Melanom) zeitigen. Sie sind, individuell, jederzeit in irgend einer Zelle möglich. Eine Hypothese betreffend die Alterungsprozesse besagt denn auch, dass diese durch die Anhäufung somatischer Mutationen im Laufe des Lebens bewirkt werden.

Es muss betont werden, dass längst nicht alle Variationen im Genom, sei es im Soma oder in der Keimbahn, und längst nicht alle Mutationen in Proteinen phänotypische Folgen haben. Oft sind die Folgen sehr diskret. **Deshalb darf jedes, auch nichtmenschliche, „Individuum“ molekularbiologisch gesehen als einmalig betrachtet werden.** Deswegen besitzen wir ein individuelles Gesicht. Deswegen ist so unsicher, ob alle Individuen in Bezug auf Medikamente und andere Umwelteinflüsse einheitlich reagieren. In diploiden Organismen kann ein Gen des einen Erbsatzes die Funktion des korrespondierenden (geschädigten) Gens im anderen Erbsatz kompensieren: es ist **dominant**.