

Arthur Burkhardt-Preis, Vortrag Stuttgart am 29. März 2001

Können wir Altern, Intelligenz, Gedächtnis und Empfindungen genetisch verändern?

Das hinzugefügte Fragezeichen lässt zwar alle Möglichkeiten offen, dennoch will ich gleich zu Beginn sagen, wie meine Antwort lautet: **Im Prinzip, ja.**

Ein Bericht im Wissenschaftsjournal „Nature“ ließ im Jahre 2000 Wissenschaft und Öffentlichkeit aufhorchen: Mäusen war ein Gen in die Keimbahn eingepflanzt worden, das die Information für ein relativ einfaches Molekül, die *N-Methyl-D-Aspartase (NMDA)* trägt. Diese Substanz spielt eine wesentliche Rolle in der Kommunikation von Nervenzellen und „öffnet“ Verbindungen zwischen Neuronen, die nach dieser „Bahnung“ bei ähnlichen Reizen die gleichen Kommunikationsstellen einer unmittelbaren Wiederverwendung zuführt. Hierauf soll ein Teil unseres Gedächtnisses beruhen, das durch die Anregung des Zusammenschaltens spezifischer Neuronen gedankliche Verknüpfungen mit sich bringt. Die Aktivität dieses Enzyms geht beim Menschen nach der Pubertät rasch zurück - ebenso wie unsere Fähigkeit, neue Eindrücke in ebenso nachhaltiger Weise zu verarbeiten wie im Kindesalter.

Die Aufregung über den „Nature“ Bericht ergab sich aus den Befunden, dass das Transgen bei diesen Tieren ein verbessertes Lernvermögen und das raschere Lösen experimenteller Aufgaben bewirkte - die „smart mouse“ war „geschaffen“ worden. Gedankenspiele in diesem Journal - unmittelbar auch von den Tageszeitungen und dem „Time Magazin“ aufgegriffen - einer möglichen Übertragung solcher experimenteller Ergebnisse auf den Menschen, die künstliche Generierung von „smartem“ Nachwuchs, erzeugten die gewünschte Publizität. In fachwissenschaftlichen Stellungnahmen wurden die Resultate überwiegend als „interessant“, aber als kaum auf den Menschen übertragbar kommentiert. Intelligenz und Gedächtnis - so wurde vielfach argumentiert - seien so komplexe Vorgänge, reguliert von einer Vielzahl unterschiedlicher Gene, dass kaum erwartet werden dürfe, dass mit der Einführung eines einzelnen Gens oder seines Eiweißproduktes fundamentale Änderungen unseres Auffassungsvermögens zu erwarten seien. Ja, darüber hinaus könnten gefährliche Störungen intrazellulärer Gleichgewichte stattfinden, die einer praktischen Anwendung entgegen ständen.

Wenn nun aber wirklich die Mäuse intelligenter wurden, wenn sich ihr Gedächtnis - wie berichtet - deutlich verbesserte, sollte dann eine solche Spekulation für den Menschen *a priori* unzutreffend sein? Noch dazu weist das menschliche NMDA-Molekül eine hohe Homologie mit dem der Maus auf.

Mich erinnerte diese Episode an frühere Begebenheiten: 1966 verpflanzte Gurdon in England den Kern einer Froschdarmzelle in ein entkerntes Froschei und konnte dies zur Embryonalentwicklung bringen - die erste Klonierung aus somatischen Zellen war gelungen. Sechs Jahre später berichtete er und seine Gruppe das Gleiche aus Kernen der Froschhaut, aus einigen der Eier entwickelten sich Kaulquappen. Die Kommentare aus dieser Zeit wiesen eine gewisse Analogie zu den NMDA-transgenen Mäusen auf: Amphibien neigen ohnehin zu merkwürdigen Reaktionen, sie können abgeschnittene Gliedmaßen regenerieren und stehen evolutionsbiologisch gesehen auf einer niedrigen Stufe. Bei Säugetieren sollten solche Ansätze kaum gelingen und - trotz eines solchen Berichtes einige Jahre später, der über Jahre nicht reproduzierbar war und seinem Verfasser viele Probleme bereitete - schienen die Vielzahl negativer Versuche den Skeptikern recht zu geben. Erst 31 Jahre später - 1997 - konnte Wilmut in Schottland da erste klonierte Schaf „Dolly“ einer verblüfften Öffentlichkeit vorstellen. Dolly erzeugte großes Aufsehen und führte zu vielen skeptischen Stellungnahmen aus dem wissenschaftlichen Bereich, wo das Ergebnis zunächst zumeist nicht geglaubt wurde. Erst zahllose Wiederholungen - inzwischen neben Schafen auch bei Rindern und Mäusen, ja selbst bei Zootieren - haben diese Skeptiker verstummen lassen. Die Erzeugung somatischer Klone ist also möglich und kann sicherlich im Prinzip auch beim Menschen durchgeführt werden. Eilig verboten daher eine Reihe von Regierungen diese Art der Experimentation beim Menschen, sie sei mit der *Menschenwürde* unvereinbar. Dennoch belegen diese bisher durchgeführten Experimente, dass gerade von vielen Wissenschaftlern für unmöglich gehaltene Ergebnisse heute auf eine relative einfache Weise in vielen Laboratorien durchgeführt werden können. Klone sollten so etwas wie „altersversetzte“ eineiige Zwillinge darstellen. Ihre Schaffung ist derzeit noch mit deutliche Risiken behaftet, die vermutlich auf nicht völlig reaktiver Genaktivität der verwendeten Körperzellen beruht. Auch aus solchen Gründen ist das Klonieren von Menschen hochgradig fragwürdig und abzulehnen.

Ein Jahr nach dem gelungenen Klonieren eines Schafes, 1998, erschien ein Bericht im Wissenschaftsjournal „*Science*“, der wiederum erhebliches Aufsehen erregte: durch

Einpflanzen eines Gens, der sogenannten *Telomerase* in menschliche Bindegewebszellen gelang es, diese in einen Zustand der „Unsterblichkeit“ zu versetzen. Sie begannen in der Gewebekultur unbegrenzt weiter zu wachsen, während sonst diese Zellen nach längerer Kulturphase einem Alterungsprozess unterliegen und absterben. Die Telomerase ersetzt an unseren Chromosomenenden Strukturen, deren Funktion einer biologischen Uhr entspricht. Bei Abwesenheit der Telomerase reduziert sich deren Länge von Zellteilung zu Zellteilung, nach vielen solcher Verkürzungen stoppt das Zellwachstum, die Zelle altert und stirbt ab. Bleibt dagegen bei Bindegewebszellen die Telomerase aktiv - wie in dem beschriebenen experimentellen Ansatz - altern die Zellen nicht und vermehren sich inzwischen munter weiter seit mehr als zwei Jahren. Während sonst nur Krebszellen und deren Vorstufen diese experimentelle „Unsterblichkeit“ aufweisen, sind Telomerase-aktive Bindegewebszellen weder Krebszellen noch weisen sie Anzeichen dafür auf, dass ihr Zustand Krebsvorstufen gleicht. Ist dies die Verheißung einer ewigen Jugend - die Einführung eines einzigen aktiven Gens und der Alterungsprozess ist unterbrochen?

Leider ist die Situation hier nicht ganz so einfach: schon bei anderen Zellarten, etwa beim Epithel unserer Haut, funktioniert der „Trick“ nicht. Das Altern unterschiedlicher Zellarten ist also unterschiedlich geregelt. Ist dies eine doppelte oder sogar mehrfache biologische Sicherung, um den Tod zu garantieren, der ja die Voraussetzung für unsere Evolution ist? Die Antwort ist zur Zeit völlig offen, Die große Mehrzahl der Wissenschaftler ist sich heute sicher, dass der Alterungsprozess genetisch gesteuert ist. Die Lebensspanne der Maus von 2 bis 3 Jahren ist ebenso in deren Genen verankert wie die durchschnittlich über 70-jährige Lebenserwartung des Menschen. Für die meisten Wissenschaftler ist es unvorstellbar, dass hierfür nur ein Gen verantwortlich sein könne. In der Tat lassen sich schon jetzt einige Gene identifizieren, die in den Alterungsprozess hinein wirken. Alterung soll einer komplexen genetischen Steuerung unterliegen, die vermutlich viele Genfamilien betreffe. Aber könnte es etwa einen zentralen Schalter geben, der die Hauptrolle spielt, der aber für das Bindegewebe und für Epithelzellen - vielleicht auch für individuelle Organsysteme - unterschiedlich ist?

Für die letztere These sprechen auch weitere experimentelle Ergebnisse: am 18. November des Jahres 2000 berichtete eine italienische Gruppe um *Pier Guiseppe Pelicci* aus Mailand in der Zeitschrift *Nature*, dass bei Mäusen die Ausschaltung eines bestimmten Gens, des sog. $p66^{shc}$, dessen Genprodukt den zellulären Selbstmord, die Apoptose, nach Bestrahlung mit ultraviolettem Licht oder nach Bildung von Sauerstoffradikalen fördert, die Lebensspanne

dieser Mäuse um durchschnittlich 30% erhöht, offensichtlich bei Erhalt aller wichtigen Lebensfunktionen unter Einschluss der Fortpflanzungsfähigkeit. Wiederum ist es die Veränderung eines einzelnen Gens, die hier die Lebensspanne beeinflusst. Ähnliche Befunde waren schon früher über Zuchtwahlverfahren bei der Taufliege *Drosophila* und beim Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* erhoben worden. Dies hatte 1998 bei der Taufliege zum Auffinden eines Gens geführt, für das sein Entdecker *Seymour Benzer* den Namen *Methuselah* geprägt hatte. Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen war es jedoch in den *Pellicci'schen* Experimenten bei einem Säugetier, der Maus, gelungen ein Gen zu identifizieren, dessen Funktion offensichtlich zur Regulation der Lebensspanne beiträgt.

Rasch folgte ein weiterer Befund: *Stephan Helfand* und seine Kollegen vom University of Connecticut Health Center in Farmington, USA, berichteten nur einen Monat später, im Dezember 2000, in *SCIENCE* über die Entdeckung eines Gens bei Fruchtfliegen, dessen Veränderung die mittlere Lebenserwartung von Fruchtfliegen sogar verdoppelt. Das Protein dieses Gens erhielt den schönen Namen *Indy*, der als Kürzel den treffenden Satz „*I am not dead yet*“ wiedergibt. Immer dann, wenn eine Kopie dieses Gens verändert ist, kam es fast zu einer Verdoppelung der Lebenserwartung. Waren beide Kopien verändert, lebten die Fliegen nur etwa 20% länger als ihre Vettern mit intakten Genkopien. Offensichtlich vermindert *Indy* die Effizienz von Stoffwechselvorgängen, was nahe legt, dass der Stoffwechsel selber eine wichtige Rolle im Alterungsprozess spielt.

Die moderne Biologie und Humangenetik hat sich daran gewöhnt, in komplexen Zusammenhängen zu denken. Das verwirrende Zusammenspiel von Nervenzellen bei Denk- und Handlungsprozessen, ineinander greifende Stoffwechselabläufe und die Existenz intrazellulärer Signalketten haben hierfür die Voraussetzungen geliefert. Aber schließt das aus, dass diesen komplexen Regelvorgängen sozusagen ein Hauptschalter vorgeschaltet ist, dessen Aktivität oder Versagen ganze Regelabläufe untergeordnet sind?

Ein schönes Beispiel für diese These liefert uns die Infektion mit Krebsviren. Krebsentstehung ist sicherlich kein einfacher Vorgang, der sich über Jahre und in einer Reihe von Einzelschritten vollzieht. Und dennoch - unterbrechen wir experimentell die Funktion von zwei Genen von Papillomvirus-Typen, die den Gebärmutterhalskrebs auslösen, so unterbrechen wir gleichzeitig das krebsauslösende Potenzial für die betroffene Zelle. Dies geschieht, obwohl die Aufnahme der viralen Gene nicht die einzige Veränderung darstellt, die

diese Krebszellen von Normalzellen unterscheiden. Diese Zusatzveränderungen betreffen die Zelle selber und haben allerdings etwas mit der Regulation der Virusgene zu tun. Wenn diese Veränderungen auftreten, verliert die infizierte Zelle ihre Kontrollfunktion über die Virusgene, ihr Ausfall lässt das Viruserbgut sozusagen an der falschen Stelle - in noch wachstumsfähigen Zellen - aktiv werden. Die Modifikation der zellulären Gene für sich wird jedoch nicht zum Krebswachstum führen.

Wir haben es hier mit regulierten „Effektorgenen“ zu tun, die in den normalen Zellen durch ein komplexes Zusammenspiel mit zellulären Genprodukten an ihrer potenziell krebserzeugenden Funktion gehindert werden. Jede Unterbrechung dieser zellulären Regulationskette kann jedoch die viralen Krebsgene aktivieren. Wie eine solche Regulation in der normalen Zelle funktioniert, ist zwar im Detail keineswegs gut verstanden, dennoch zeichnen sich bestimmte Grundcharakteristika ab. Ausgelöst durch Botenstoffe von Nachbarzellen werden in der infizierten Zelle Signalketten angeregt, welche die Krebsgene der Viren blockieren und gleichzeitig selbst einen Botenstoffe (ein Interferon) aktivieren, der seinerseits auch geringe verbleibende Aktivitäten viraler Krebsproteine blockiert. Es hat sich also im Verlauf unserer Evolution ein wirksamer, wenn auch komplexer, Schutzmechanismus gegen diese Infektions-bedingte Krebsentstehung entwickelt, dessen Zusammenbruch Voraussetzung für die Entwicklung der betreffenden Krebserkrankungen darstellt.

Eigentlich sind uns seit langem ähnliche Phänomene von Infektionskrankheiten bekannt, als Beispiele können hier die Kinderlähmung (Poliomyelitis) und die Tuberkulose angeführt werden. Die akute Erkrankung an Kinderlähmung geht mit einer Reihe von Symptomen einher, die eine Reihe von unterschiedlichen Organsystemen betreffen: die Vermehrung des Virus im Darm erzeugt Symptome im Verdauungstrakt, seine Ausschwemmung ins Blut bewirkt ein eher allgemeines Krankheitsgefühl, das vermutlich auf die Aktivierung körpereigener Botenstoffe zurückgeht, der Befall bestimmter Bereiche des Zentralnervensystems führt zu den charakteristischen Lähmungen - bis hin zur Lähmung der Atmungsmuskulatur. Die Symptome sind also vielfältig, von der Zerstörung von Darmzellen, über zelleigene Botenstoffe bis hin zur Zerstörung und Blockade von Nervenzellen und deren Funktionen. Dennoch, mit einer einzigen Maßnahme - der Schluckimpfung - können wir uns gegen den Erreger und vor dieser insgesamt sehr komplexen Erkrankung schützen.

Das Erscheinungsbild der Tuberkulose ist noch komplexer und steht in Abhängigkeit von den Hauptvermehrungsorten der Erreger im Körper. Der Befall von Lungen, Darm, Knochen oder Hirnhäuten, die Aussaat über alle Organsysteme erzeugen sehr unterschiedliche, in ihrer Konsequenz immer bedrohliche Symptome. Das Krankheitsgeschehen wird dabei von multifaktoriellen Komponenten bestimmt - wie dem Ernährungszustand, dem Ausmaß der Primärinfektion, körperlichem Stress und wohl auch von genetischen Faktoren. Wäre der Erreger unbekannt, würde kaum die Aussage akzeptiert werden, dass *eine* Art der Behandlung hier wirksame Abhilfe schaffen kann. Dennoch ist dies zumindest bei Antibiotikaempfindlichen Stämmen der Tuberkelbakterien der Fall. Früher war Streptomycin, heute ist Rifampicin das Mittel der Wahl.

Sowohl bei der Kinderlähmung wie auch bei der Tuberkulose - wie auch bei einer großen Zahl weiterer Infektions-bedingter Erkrankungen - war die Erkennung der Ursache die entscheidende Komponente für die *unifaktorielle* Prävention oder Therapie eines Krankheitsgeschehens mit *multifaktorieller* Symptomatik.

In analoger Weise lässt sich bereits heute für eine Krebserkrankung - obwohl Krebs sozusagen als der Prototyp für eine multifaktorielle Verursachung gilt - durch Ausschaltung eines Hauptrisikofaktors - eine wirksame Vorbeugung betreiben: ich denke hier an den Leberkrebs, der vor allem in China, Südostasien und Afrika durch Hepatitis B Infektionen ausgelöst wird, die während oder kurz nach der Geburt von der Mutter auf das Neugeborene übertragen werden. Auch hier erweist sich vor allem über konsequente Schutzimpfaktionen in Taiwan, dass frühzeitige Hepatitis B Vakzination nicht nur vor der Infektion, sondern auch vor dem Auftreten des Leberkrebses schützt. Hätten wir heute schon eine wirksame Chemotherapie gegen Hepatitis B Viren, ließe sich vermutlich ein analoger Effekt erreichen. Dass eine ähnliche Entwicklung sich für den Gebärmutterhalskrebs abzeichnet, der durch Infektionen mit bestimmten Papillomavirus-Typen ausgelöst wird, wurde bereits angedeutet. Auch hier steht der Einsatz von Impfstoffen für die kommenden Jahre in Aussicht, zur Zeit werden klinische Prüfungen durchgeführt.

Diese Beispiele mögen genügen, um uns vor Augen zu führen, dass es keineswegs aussichtslos ist, selbst sehr komplexe Vorgänge durch Einzelmaßnahmen in entscheidender Weise zu beeinflussen. Sind unter dieser Perspektive Eingriffsmöglichkeiten in den Alterungsprozess, in menschliche Empfindungen, eine Aktivierung von Intelligenz und eine

Verbesserung der Gedächtnisses denkbar? Die Antwort bedarf vermutlich einer Zweiteilung: zunächst im Hinblick auf die Durchführbarkeit, des weiteren, ob sie auch wünschenswert - vielleicht mehr noch, ob sie zum Gemeinwohl, dem Wohl der Gesellschaft - beitragen.

Wenn wir uns zunächst mit dem Alterungsprozess befassen, so sind heute kaum noch Zweifel angebracht, dass er genetisch gesteuert ist. Wie schon zuvor ausgeführt gelingt es heute, durch geeignete Zuchtauswahl von Mutanten der Fruchtfliege *Drosophila* oder des Fadenwurms *Caenorhabditis elegans* deren durchschnittliche Lebenserwartung deutlich zu verlängern. Intensiv laufen Bemühungen, die genetischen Grundlagen des vorzeitigen Alterns des Menschen - bei der sogenannten *Progerie* - etwa beim *Werner*-Syndrom zu verstehen und die dafür verantwortlichen Gene zu charakterisieren. Hier sind zum Teil bereits die vorliegenden Genschäden identifiziert und die entsprechenden Gene kloniert. In Gewebekulturzellen sollten sich in Zukunft die Zellalterungsprozesse von Epithelzellen - auch in verschiedenen Organsystemen - molekularbiologisch definieren lassen.

Es ist kaum möglich, alle Konsequenzen solcher Bemühungen vorauszusagen. Sie werden sicherlich vielfältig sein. Die „Unsterblichkeit“ von Bindegewebszellen nach Einführung eines aktiven Telomerasegens kann als erstes Indiz dafür gelten, dass Eingriffe in den Alterungsprozess grundsätzlich möglich sind und damit einer verlängerten Lebenserwartung bei hoffentlich verbesserter Lebensqualität im Verlauf des vor uns liegenden Jahrhunderts eine wissenschaftliche Basis gegeben werden könnte. Die Konsequenzen für die Gesellschaft wären enorm und würden vermutlich viele andere Aspekte über die Vertretbarkeit gentechnischer Eingriffe in den Schatten stellen. Eine Gesellschaft mit deutlich veränderten Anteilen in den oberen Altersgruppen wird viele unserer sozialen Strukturen beeinflussen: ich erwähne hier nur unser Rentenversicherungs-System, die Krankenversicherungen und Krankenversorgung und den Arbeitsmarkt. Wenn sich die Möglichkeit der Verlängerung der Lebensspanne auftut, wird sie auch genutzt und zumindest zu diesem Zeitpunkt auch als ethisch vertretbar angesehen werden. Für die westliche und den Großteil der übrigen Welt wird ein neuer gesellschaftlicher Konsens hergestellt werden müssen.

Schon gegenwärtig erleben wir ja nur auf der Basis veränderter Lebensbedingungen - einer gesünderen Ernährungsweise, verbesserter Allgemeinhygiene und ärztlicher Versorgung - einen deutlichen Anstieg der mittleren Lebenserwartung für Frauen und Männer und diskutieren in der Sozialpolitik die Folgen für die Gesellschaft. In der Zukunft dürften diese

Fragestellungen durch möglicherweise eher unmittelbare Eingriffe in den Alterungsprozess erheblich an Brisanz gewinnen.

Eine besonders wichtige Perspektive sollte sich aus der langfristig vermutlich möglichen medikamentösen oder genetischen Beeinflussbarkeit von Intelligenz und Gedächtnis ergeben: unmittelbar einleuchtend wären neue Behandlungswege für degenerative Erkrankungen des Zentralnervensystems, wenn hierdurch zum Beispiel die Entpersonalisierung der Alzheimer'schen Erkrankung in ihren Spätstadien vermieden werden könnte, wenn die verbesserte Lernfähigkeit verbliebener Hirnregionen nach Schlaganfall oder schweren Unfällen eine weitergehende Rehabilitation der betroffenen Patienten ermöglichte. Wie aber sieht es bei gesunden Menschen aus? Ich vermute, fast alle von uns wünschten sich gelegentlich ein besseres Gedächtnis, eine raschere Reaktion in bestimmten Situationen und ein profunderes Überlegen bei notwendigen Entscheidungsprozessen. Die amerikanischen Journale haben sehr rasch von der Erzeugung der „*smart mice*“ auf die Möglichkeit der Schaffung von „*smart kids*“ hingewiesen, die letzteren möglichst noch mit einer spezifischen Begabung für Musik, Malerei, Sport und Wissenschaft. Zur Zeit verhindern gesetzliche Vorgaben - zumindest in einer Reihe von Ländern - eine solche Entwicklung. Aber werden diese im kommenden Jahrhundert Bestand haben - vor allem, wenn sogenannte „*sichere*“ Verfahren zur Geneinschleusung entwickelt sein werden? Ich kenne keine Antwort auf diese Fragen, bin allerdings davon überzeugt, dass sie in den kommenden Jahren mit zunehmender Dringlichkeit gestellt werden.

Dass wir Empfindungen hormonal steuern können, ist seit langem bekannt. Die Erzeugung mütterlicher und zärtlicher Regungen durch das Hormon Oxytocin ist aus Tierversuchen eindeutig belegt. Das Wohlbefinden über die Produktion körpereigener Endorphine ist Langstreckenläufern und Dauersportlern bestens vertraut. Gene für solche Endorphine werden heute zunehmend charakterisiert, es öffnen sich hiermit alle Wege zu deren Massenproduktion in mikrobiellen Systemen, ihrer medizinischen Anwendung etwa zur Schmerzlinderung, im schlimmsten Fall allerdings auch für eine genetische Manipulation. Der Alptraum wäre die Manipulation von Gruppen, deren Schmerzunempfindlichkeit - möglicherweise gepaart mit hoher Aggressivität - ein beträchtliches Bedrohungspotential darstellen könnte.

Es macht heute wenig Sinn, die Augen vor einer Entwicklung zu verschließen, die vielen von uns unbequem, unbehaglich und darüber hinaus auch bedrohlich vorkommt. Diese Entwicklung ist nicht nur nicht aufzuhalten - sie ist schon gegenwärtig weit vorangeschritten. Zunehmend lassen sich selbst komplexe Zusammenhänge wie Gedanken und Gefühle nicht einem Gen, so aber doch dem Zusammenspiel von verschiedenen Zellen zuordnen, die ihrerseits in ihren Reaktionen genetisch gesteuert sind, aber aufgrund der genetisch vorgegebenen Plastizität auf unterschiedliche Reize auch unterschiedlich reagieren können.

Wolfgang Frühwald, der frühere Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft sagt in seinen Ausführungen in der Frankfurter Allgemeinen vom 4. Dezember des Jahres 2000 in einem Leitartikel zum Thema **Wir bestehen buchstäblich aus Sternenstaub**: „Gentechnik und Biotechnologie“ haben „begonnen, einen neuen Menschen zu konstruieren. Sie sehen ihre Tradition nicht in der literarischen, auf das 18. Jahrhundert zurückzuführenden Konstruktion des Individuums, sondern entwerfen, respektlos unbekümmert um eine mehrtausendjährige Geschichte der kulturellen Entstehung von Menschenbildern, ihr eigenes, von allen kulturellen und philosophisch-theologischen Spekulationen freies Menschenbild im naturwissenschaftlichen Experiment“.

Der Philosoph Höhle schreibt in seinem Buch „Die Philosophie und die Wissenschaften“ *Es ist eine der größten Demütigungen der Philosophie unseres Jahrhunderts, dass es ihr immer schwerer, wenn nicht gar unmöglich geworden ist, die Fortschritte in den Naturwissenschaften auch nur rudimentär zu verstehen*. Etwas später führt er weiter aus: *In der Tat kann kaum ein ernsthafter Zweifel daran bestehen, dass die Naturwissenschaft heute im allgemeinen Bewusstsein weitaus eher als Trägerin umfassender weltanschaulicher Ansprüche gilt als die Philosophie*. Dem kann ich wenig hinzuzufügen. In der Tat stehen wir heute mitten in einem bedeutsamen Wandel unseres Weltbildes. Die Wissenschaft hat – wie auch Höhle schreibt, entscheidend zur Verbesserung unserer Lebensbedingungen beigetragen und den Aberglauben beseitigt. Sie hat uns auch die Überbevölkerung dieser Erde mit all ihren viel diskutierten Problemen beschert und bemüht sich derzeit um eine Begrenzung des weiteren Wachstums der Menschheit. Wir mögen viel klagen, aber seien wir ehrlich - würden wir uns eine Epoche zurückwünschen, in der die mittlere Lebenserwartung in Deutschland unter 40 Jahren lag, in der ein hoher Prozentsatz der Kinder im ersten Lebensjahr starb und viele der Mütter das Kindbett nicht überlebten?