



Genmanipulierter Lachs – Der Frankenstein-Fisch  
(Quelle: SPIEGEL online Wissenschaft 06.09.2010)

## **IV. Der Mensch und die Risikotechnologien**

**- Keine Technologie ist ohne  
Risiko, es sei denn, sie wird  
nicht angewendet -**

- 1 Die Innovation**
- 2 Die Atomtechnologie**
- 3 Die Gentechnologie**
- 4 Die digitale Technologie**

**Hans Langer**

**2014**



# 1 Die Innovation

Innovation bedeutet Neuerung oder Erneuerung. In der Umgangssprache wird der Begriff im Sinne von neuen Ideen und Erfindungen und für deren Umsetzung verwendet (T. MÜLLER-PROTHMANN, N. DÖRR 2009).

„Neu“ bezieht sich dabei aber nicht nur auf einen zeitlichen Horizont, sondern ebenso auf eine sachliche und eine soziale Dimension (BRAUN-THÜRMAN 2005; C. F. GETHMANN/J. MITTELSTRAß 1992):

- Innovation als Neuheit (Sachliche Dimension) = betrifft bislang einstweilen unbekannte Sachverhalte und Ergebnisse;
- Innovation als Wandel (Zeitliche Dimension) = bezieht sich zeitlich gesehen auf neue Prozesse;
- Innovation als Vorsprung (Soziale Dimension) = betrifft den sich ergebenden sozialen Vorteil.

Die Menschheit hat im Laufe ihrer Entwicklung mehrere entscheidende Innovationsphasen durchlaufen:

- Die Phase der Sammler und Jäger;
- Die neolithische Revolution;
- Die industrielle Revolution;
- Die biotechnische Revolution;
- Die digitale Revolution.

Die Zeitabschnitte der einzelnen Phasen wurden dabei immer kürzer.

## 1.1 Die Phase der Jäger und Sammler

Die Bezeichnung Jäger und Sammler bezieht sich auf Menschen oder Völker, die ihren Lebensunterhalt durch das Sammeln wilder Pflanzen und die Jagd auf Wildtiere bestreiten. Für die weltweit früheste Epoche der Menschheitsgeschichte, die Steinzeit, ist diese Art des Nahrungserwerbs charakteristisch. Die Menschen sammelten und jagten, was die örtliche Natur bot. Denn seine Fähigkeit, tierische und pflanzliche Nahrung verdauen zu können, eröffnet dem Menschen ein breites Spektrum an Nahrungsquellen.

Die Steinzeit begann - nach heutigem Kenntnisstand - mit den ältesten gefundenen Werkzeugen vor etwa 2,6 Millionen Jahren in Afrika und wird dort als Early Stone Age bezeichnet (S. SEMAW 2000).

## 1.2 Die Neolithische Revolution

Eine der größten Innovationen des Menschen und die erste entscheidende Zäsur stellte die Neolithische Revolution dar. Der Beginn der Jungsteinzeit wird heute über den Übergang von der aneignenden zur produzierenden Wirtschaftsweise definiert. Dieser Übergang begann in den Weltregionen zu unterschiedlichen Zeiten. Die Erfindung der Landwirtschaft, der bewusste und gesteuerte Ackerbau und die Viehzucht, ermöglichte erst die wirklich dauerhafte Sesshaftwerdung. Die Nahrungsmittel und die Bevorratung der Überschüsse zogen einen

gezielten und weitreichenden Handel nach sich und bewirkten nicht zuletzt eine Bevölkerungsexplosion, weil mehr Menschen satt werden konnten.

### **1.3 Die industrielle Revolution**

Der industriellen Revolution wird eine ähnliche Bedeutung beigemessen wie dem Übergang vom Nomadentum zur Sesshaftigkeit in der Jungsteinzeit (A. GEHLEN 1961). Die industrielle Revolution führte zu einer stark beschleunigten Entwicklung von Technik, Produktivität und Wissenschaften, die, begleitet von einer starken Bevölkerungszunahme, mit einer neuartigen Zuspitzung sozialer Missstände einherging (J. MIROW 1996). Die Erfindung der Dampfmaschine bildete die anfängliche Triebfeder der industriellen Revolution. Mit ihrer von JAMES WATT entwickelten Form und Funktionsweise stellte sie eine völlig neue, standortunabhängige, mobile, ständig nutzbare und für eine Vielzahl von Funktionen einsetzbare Energiequelle dar. Erst diese Kraftmaschine ermöglichte die typische industrielle Fertigung.

### **1.4 Die Gentechnisch Revolution**

Der Startschuss für diese Innovationsphase fiel vor etwa 25 Jahren. Auf molekularer Ebene wurden neue biologische Forschungsmöglichkeiten entdeckt und nutzbar gemacht. Die Entwicklung führte zu einem breiten Methodenspektrum, das allgemein unter dem Stichwort Gentechnologie zusammengefasst wird. Die Definition Biotechnology der Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) lautet: *"The application of science and technology to living organisms, as well as parts, products and models thereof, to alter living or non-living materials for the production of knowledge, goods and services"*. Die ständig verbesserten und erweiterten Methoden dienen nicht mehr nur Forschungszwecken, sondern ebenso zur gezielten Veränderung von lebenden Organismen durch Sequenzierung und Neukombination von Erbgut. Bio- und Gentechnologien basieren auf Naturvorgängen. Die induzierten Veränderungen werden mit einer Geschwindigkeit durchgeführt, auf die die Natur nicht eingestellt ist. Forschungsergebnisse werden industrieorientiert umgesetzt. Es besteht große Gefahr, dass die neuen Technologien dazu verleiten, eine ganzheitliche Betrachtungsweise und dementsprechende Forschung auf anderen Gebieten in den Hintergrund zu drängen und zu vernachlässigen (E. LACHKOVICS 1999; J. RUFF 1996).

### **1.5 Die Digitale Revolution**

Der Begriff Digitale Revolution bezeichnet den durch Digitalisierung und Computer ausgelösten gesellschaftlichen Umbruch. Seit Ende des 20. Jahrhunderts wurde dadurch zuerst ein langsamer und dann immer schneller werdender Wandel sowohl der Technologie als auch (fast) aller Lebensbereiche bewirkt. Die tiefgreifende Wirkung ist ähnlich der Industriellen Revolution 200 Jahre zuvor (D. BALKHAUSEN 1978; M. HILBERT, PR. LÓPEZ 2011). Die digitale Revolution basiert auf der Erfindung des Mikrochips und dessen stetiger Leistungssteigerung, der Einführung der flexiblen Automatisierung in der Produktion und dem Aufbau weltweiter Kommunikations-Netze wie dem Internet.

Inzwischen zeigen jedoch die neuartigen Technologien, dass die im Sinne von Fortschritt verstandene soziale und kognitive Weiterentwicklung keineswegs die Notwendigkeit einschließt, dass Wissen und Handeln, Moral und Glaube sich parallel entwickeln und verhalten

(E. OESER 1983). Die angeblich selbstverständliche Verbindung zwischen naturwissenschaftlicher Forschung und Verbesserung des menschlichen Lebens scheint keineswegs immer gerechtfertigt. Den durch naturwissenschaftliche Erkenntnisse unzweifelhaft bewirkten Erfolgen stehen allzu viele möglich gewordene Bedrohungen gegenüber, von der entwickelten Kriegstechnik bis zur Gefährdung unserer Lebensgrundlagen durch die Auswirkungen einer technologisch und industriell geprägten Lebensweise der Gesellschaft. Wenn es gilt, das Subjekt der Ethik im Menschen und nicht in einer verabsolutierten Technologie zu sehen, müsste einer solchen Entwicklung die öffentliche Zustimmung und Unterstützung entzogen werden.

## Literatur und Internet

**Balkhausen D.** (1978) - Die dritte industrielle Revolution. Wie die Mikroelektronik unser Leben verändert.  
Econ, 1978

**Braun-Thürmann H.** (2005) - *Innovation – Eine Einführung*.  
Transcript-TB, Bielefeld 2005

**Gehlen A.** (1961) - Anthropologische Forschung.  
Rowohlt, rde, Nr. 138, Reinbek 1961

**Gethmann C. F., Mittelstraß J.** (1992) - Maße für die Umwelt.  
In: Gaia (Ökologische Perspektiven in Natur-, Kultur- und Wirtschaftswissenschaften) Heft 1, Basel 1992, 16-25, 18

**Hilbert M., López Pr.** (2011) - The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information.  
Science Vol. 332 no. 6025; DOI: 10.1126/science.1200970

**Lachkovics E.** (1999) - Macht Gentechnik satt?  
Von der Grünen Revolution zur Genrevolution,  
FIAN-Südwind-WIDE-ANG-Tagung, 10.12.1999  
Haus der Gewerkschaft Agrar-Nahrung-Genuss, Albertg. 35, 1080 Wien

**Mirow J.** (1996) - Geschichte des deutschen Volkes. Von den Anfängen bis zur Gegenwart.  
Gernsbach, Katz, 1996

**Müller-Prothmann T., Dörr N.** (2009) - Innovationsmanagement. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse. Hanser, München 2009

**Oeser E.** (1983) - Evolution und Involution der Wissenschaft.  
In: Riedl R. J., Kreuzer F. (Hrsg.), Evolution und Menschenbild, Hoffman & Campe, Hamburg 1988

**Oeser E. (1988)** - Das Abenteuer der kollektiven Vernunft. Evolution und Involution der Wissenschaft.

P. Parey, Berlin-Hamburg 1988

**Ruff J. (1996)** - Grüne Gentechnologie- Eine zweite Grüne Revolution?

Eine populärwissenschaftliche Einführung in eine aktuelle Kontroverse.

Konstanz 1996

**Semaw S. (2000)** - The World's Oldest Stone Artefacts from Gona, Ethiopia: Their Implications for Understanding Stone Technology and Patterns of Human Evolution Between 2,6 - 1,5 Million Years Ago.

Journal of Archaeological Science, Band 27, 2000, Volltext auch bei indiana.edu (PDF; 1, 0 MB)

## **2 Die Atomtechnologie - Leben bedrohende Technologie -**

Das Element Uran ist ohne Zweifel der mit Problemen am schwersten behaftete Energieträger. Uran ist ein silberweiß glänzendes, relativ weiches und radioaktives Schwermetall. Alle Uranverbindungen zeichnen sich durch ihre mögliche chemische Toxizität und eine gesundheitsschädigende Radioaktivität aus. Das bedeutendste Uranerz ist die Pechblende (Uranoxid), ein stark radioaktives Mineral.

### **2.1 Die Entdeckung**

Uran wurde im Jahr 1789 in Berlin von dem Chemiker M. H. KLAPROTH in der Pechblende entdeckt. Bereits im 19. Jahrhundert wurde Uran in Minen abgebaut und für das Färben von Glaswaren und Geschirr verwendet. E. M. PÉLIGOT gelang 1856 in Paris die Darstellung von reinem Uran. Im Jahre 1896 wurde sowohl durch den Physiker A. H. BECQUEREL die Radioaktivität des Elements entdeckt, als auch durch die polnische Chemikerin M. CURIE das Uran-Zerfallsprodukt Radium. O. HAHN und F. STRAßMANN sowie L. MEITNER und O. FRISCH entdeckten 1938 das Phänomen der Kernspaltung (WIKIPEDIA 19.09.2015).

### **2.2 Die Nutzung**

S. FLÜGGE stellte 1939, in seiner die damaligen Ergebnisse zusammenfassenden Arbeit, die Frage nach der technischen Nutzbarkeit des Energiegehalts der Atomkerne. Vier Jahre später wurde dann von E. FERMI an der Universität Chicago der erste energieliefernde Uranreaktor in Betrieb genommen. Die Spaltung der sehr schweren Atomkerne des Urans setzt sehr viel Energie frei. Darüber hinaus kann der Spaltungsprozess gesteuert werden, so dass in einer Kettenreaktion immer weitere Spaltungen ausgelöst werden und somit die Energiefreisetzung selbsterhaltend weitergeht, ohne dass Energie zugeführt werden muss. Dieses ist die Grundlage für die unter festgelegten Bedingungen zwingend ablaufende Kernspaltung zur Stromproduktion in Kernkraftwerken. Die Energiedichte im Uran ist extrem hoch, so dass

bei der Kernspaltung sehr viel mehr Energie gewonnen werden kann als bei jedem anderen Energieträger (W. GERLACH 1956).

Diese Erkenntnisse eröffneten aber nicht nur die Möglichkeit einer zivilen Nutzung, sondern ebenso die Möglichkeit, durch eine unkontrollierte Kettenreaktion eine Waffe von unglaublicher Zerstörungskraft zu bauen. Unter größter Geheimhaltung startete Amerika 1942 unter der Leitung von J. R. OPPENHEIMER das sog. Manhattan-Projekt. Das Projekt endete mit dem Bau der ersten Atombombe, die am 16. Juni 1945 in New Mexiko in einem ersten Testabwurf gezündet wurde (WIKIPEDIA 14.10.2015). Durch die Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki wurde in Japan der 2. Weltkrieg beendet. Die furchtbaren Folgen der Bomben sollten ein ewiges Mahnmal bleiben. Bereits 1947 hatte J. R. OPPENHEIMER sich geäußert: *„Jedenfalls haben in einem sehr allgemeinen und zugleich sehr besonderen Sinn, den keine Kaltschnäuzigkeit, kein Humor, keine großen Worte zu übertünchen vermögen, die Physiker erfahren was Sünde heißt, und diese Erfahrung ist unverlierbar“* (LERNHELPER – Julius Robert Oppenheimer o.J. ).

Ganz offensichtlich verblasste aber die Erinnerung an die Atombombenabwürfe in Japan, trotz der für die Bevölkerung so verheerenden Folgen. Die mit wachsendem Energiebedarf verbundene Entwicklung forcierte vielmehr die zivile Nutzung der Kernspaltung als ergiebige, angeblich sichere und zukunftsträchtige Technik. Das führte bis in die 1980er Jahre zu einer steten weltweiten Zunahme der Kernkraftwerke. Doch am 26. April 1986 ereignete sich ein GAU im Kernkraftwerk Tschernobyl nahe der ukrainischen Stadt Prypjat, verbunden mit einer großräumigen, überregionalen Kontamination. Danach verlangsamte sich die Zunahme der Kernkraftwerke deutlich. In den 1990er Jahren wurde vor allem in Deutschland der Ausstieg aus der Kernenergie propagiert. Im Jahr 2009 wurden jedoch weltweit bereits wieder 437 Anlagen betrieben (WIKIPEDIA 30.09.2015). Die Erinnerung an die Risiken bei der Kernenergiegewinnung zählte plötzlich nicht mehr, denn durch internationale Verträge sollte der durch fossile Energieträger bewirkte CO<sub>2</sub>-Ausstoß erheblich reduziert werden. Die Kernenergie wurde erneut gesellschaftsfähig. Kernkraftwerke seien hochverfügbare Leistungsträger und gelten daher als klassische Grundlastkraftwerke. Im März 2011 waren laut IAEA zusätzlich 65 Reaktoren weltweit im Bau sowie 114 in Planung (WIKIPEDIA 19.09.2015). Treibende Kraft war wiederum der zunehmende Energiebedarf wachsender Volkswirtschaften.

Am 11. März 2011 erfolgt jedoch zu dritten Mal eine einschneidende Zäsur. 14.45 Uhr Ortszeit lösten ein Magnitude-9-Erdbeben vor der Ostküste Japans und der darauf folgende Tsunami eine dramatische Situation im Reaktorkomplex Fukushima Daiichi aus. Explosionen zerstörten Teile der Reaktorblöcke, Kühlsysteme fielen aus, Radioaktivität gelangte in die weitere Umgebung durch die Kernschmelze drohte ein Super-GAU. Die Folgen sind bis heute nicht abzusehen. Verseuchtes Wasser fließt bislang ins Meer (REUTERS Deutschland 07.08.2013). Die Megakatastrophe von Fukushima zeigte deutlicher als alle anderen Atomunfälle, dass bei der Nutzung von Kernenergie **nicht Restrisiken, sondern erhebliche, unvorhersehbare Risiken bestehen**. Der Glaube, solch eine Technik ließe sich absolut beherrschen, grenzt an Größenwahn.

Fukushima hat die Welt bewegt und brachte auch neue Überlegungen in Gang. Doch die Entwicklung wird sehr ambivalent eingeschätzt. Nach Voraussagen soll die Zahl der weltweiten Kernkraftwerke bis 2030 um 30% sinken (M. BAUCHMÜLLER 2009). Aber ebenso wird auf Prognosen der Internationalen Energieagentur von 2008 verwiesen, die mit einer weltweiten Steigerung um 13% des Kernenergieeinsatzes bis 2030 rechnet (BREMER ENERGIE INSTITUT 2009). Vor Fukushima hat Japan zwei Drittel seines Strombedarfs durch AKWs gedeckt, danach fast vollständig durch den Import von Kohle und Gas. Doch bereits im Sommer 2014 sollen vier modernisierte Meiler wieder ans Netz gehen (REUTERS Deutschland 07.08.2013).

In Deutschland verlautete, die Zunahme regenerativer Energie könnte bereits ab 2020 Kernkraftwerke für den Grundlastbetrieb technisch und wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll erscheinen lassen (V. QUASCHNING 2013). Eine neue Debatte über die Nutzung der Kernenergie wurde geführt. Die deutsche Bundesregierung beschloss als erste Regierung weltweit, dass 2022 der letzte deutsche Atommeiler vom Netz gehen soll. Auch die 143 Kernkraftwerke in der EU sollen Stresstests, einer Neubewertung aller Risiken, unterzogen werden. Aber wie lange hält dieses Mal die Betroffenheit an? Wird auch Fukushima wieder vergessen, weil Umsätze und Gewinne einbrechen, Kurse fallen und Energieengpässe entstehen könnten? Allein ein Blick auf die europäische Nachbarschaft erweist sich als ernüchternd. Eine Energiewende muss europäisch koordiniert sein (S. FISCHER, O. GEDEN 2011). Inzwischen gibt es jedoch Anzeichen dafür, „die EU-Kommission bereitet die Rückkehr der Atomkraft vor“. Ein entsprechender Entwurf sieht vor, „die Regierung der europäischen Länder sollen künftig leichter Unternehmen subventionieren können, die Atomwerke bauen und betreiben“. In der Begründung heißt es, „der Ausbau der nuklearen Energieerzeugung sei ein Ziel der Europäischen Union“ (SÜDDEUTSCHE.DE 19.07.2013).

## 2.3 Die Entsorgung

Die Energieerzeugung durch Kernkraft umfasst zwei zentrale Risikobereiche.

- Zum einen sind es die angesprochenen, unvorhersehbaren, komplexen Sicherheitsrisiken, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Betrieb der Kernkraftwerke stehen und sich aus einem Zusammenwirken unterschiedlichster Intensitäten menschlichem Fehlverhalten, technischem Versagen und äußerer Einwirkungen ergeben können.
- Der zweite Risikobereich ergibt sich aus der Entsorgung des radioaktiven Materials. Die Antworten erschöpfen sich bislang weltweit in Spekulation und Improvisation.

Ein großer Teil des radioaktiven Materials ist Abfall aus dem Uranabbau selbst, der in dessen Nähe gelagert wird. Absolut unzulänglich ist eine wirksame Entsorgung des radioaktiven Abfalls aus Kernkraftwerken, Kernforschungszentren, aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente und der Herstellung von Atomwaffen. Durch Zwischenlagerung wird versucht Zeit zu gewinnen. Insbesondere mittel- und hochradioaktive Abfälle bedeuten eine große Herausforderung für die Entsorgung. Wegen der langen Halbwertszeiten muss über Jahrtausende eine sichere Lagerung gewährleistet sein, damit Radioaktivität nicht in die Biosphäre gelangen kann.

Auf Grund der langen Halbwertszeiten und hohen Radioaktivität reicht für eine unterirdische Lagerung eine lagerfähige Aufbereitung des radioaktiven Materials allein nicht aus. Auch die unterirdische Lagerstätte selbst muss eine entsprechende Sicherheit gegenüber der Biosphäre bieten. Mögliche seismische Aktivitäten oder möglicher Vulkanismus sind von vornherein Ausschlusskriterien. Das Gestein selbst darf zudem keinen Wasserdurchfluss haben, da Wasser die Korrosion der Lagerbehälter beschleunigt. Darüber hinaus müssen der Abstand zur Oberfläche sowie das Gestein der Lagerstätte eine Undurchlässigkeit für radioaktive Substanzen gewährleisten. Dichte, Mächtigkeit und Ausdehnung der Endlagerung müssen unzweifelhaft einschlusswirksam für einen Zeitraum der Größenordnung von mehreren Tausend Jahren sein (AKEND 2002; K.-J. Röhling et al. 2013). Können diese Kriterien überhaupt erfüllt werden?

Als relativ geeignete Gesteinsformationen für unterirdische Endlagerstätten werden Salzstöcke in geologisch stabilen Gesteinsschichten diskutiert, doch auch Kristallingestein und Tongestein kommen in Frage (BGR 2007). **Weltweit gibt es jedoch bislang keine entsprechende Endlagerstätte.** Seit 1979 ist z.B. in Deutschland die Frage nach den Kriterien und entsprechenden Örtlichkeiten für eine Endlagerung offen und ungelöst. Zwischenlagerungen der Abfälle bei den Kraftwerken sind pragmatische und zugleich gefährliche Scheinlösungen. Überall auf der Welt stapelt sich der radioaktive Müll in der Nähe der Kraftwerke und wartet auf ein wirklich sicheres Endlager, das es noch nicht gibt und wahrscheinlich auch im eigentlichen Sinn nicht geben wird.

Im Zusammenhang mit hochradioaktiven Abfällen scheinen auch Überlegungen naheliegend, diese Gefahrenquelle durch Transmutation zu entschärfen. Die Umwandlung langlebiger Nuklide durch Neutronenbeschuss in kurzlebige Nuklide ist nicht mehr Utopie, sondern funktioniert, wenn bislang auch nur im Labormaßstab. In 20 Jahren, so wird geschätzt, könnte ein Prototyp stehen und in 30 bis 40 Jahren die industrielle Anwendung anlaufen (D. LÜBBERT, J. AHLSWENDE 2008; U. KULKE 2010). Doch ob und wann die Transmutation zu einer spürbaren Entschärfung des Endlagerproblems radioaktiver Abfälle beitragen könnte, ist noch keineswegs sicher. Die insgesamt anfallenden radioaktiven Abfälle sind ein vielfältiges und unterschiedlich reaktives Gemisch, schon das allein bedeutet ein Problem. Denn eine erfolgreiche Transmutation setzt eine Trennung des Abfalls voraus, damit eine gezielte Transmutation hin zu kurzlebigen Strahlern oder gar zu stabilen Isotopen möglich wäre. Eindeutig ist, dass hierfür zusätzliche technisch-industrielle Anlagen, verbunden mit neuen Risiken, notwendig wären. Darüber hinaus wird eine vollständige Transmutation kaum erwartet werden können, so dass für eine erhebliche Restmenge das Problem der Endlagerung bestehen bleibt (H. ROSSA 2008; D. LÜBBERT, J. AHLSWENDE 2008).

Andere Überlegungen sind von vornherein nicht nur abenteuerlich sondern ebenso hoch riskant. Vorstellungen die atomaren Abfälle im Weltraum zu entsorgen, umfassen eine Lagerung in Asteroiden, auf anderen Planeten oder auch einen direkten Transport in die Sonne. Die industrielle Vernunft gerät hier offensichtlich zur praktischen Unvernunft. Beim gegenwärtigen Stand der Technik entstehen allein zum Erreichen der Erdumlaufbahn immense Kosten, zumal jährlich viele Starts erfolgen müssten. Gleichzeitig können aber Fehlstarts und

Havarien nicht ausgeschlossen werden. Beim Freisetzen der radioaktiven Fracht auf der Erde oder durch Verglühen in der Atmosphäre mit einer großflächigen oder gar globalen Kontamination wäre mit einer ungeheuerlichen Katastrophe zu rechnen. Die Umsetzung solcher Visionen, die einer fast krankhaften Technikgläubigkeit entspringen, wäre allerdings mehr als verantwortungslos.

Die Endlagerung unter dem Eisschild der Antarktis dürfte inzwischen indiskutabel sein. Für dieses empfindliche Ökosystem schließen hohe Umweltschutznormen im Antarktisvertrag nach internationalem Recht eine Verwendung als Endlager für radioaktive Stoffen aus. Der entscheidende Punkt aber ist die Klimaerwärmung, die eine langfristige Isolation der Abfälle in Frage stellt.

Unter dem steigenden internationalen Druck wurde das Versenken im Meer von radioaktiven Feststoffen 1984 von der International Maritime Organisation (IMO) verboten, weil ansonsten für die maritime Biosphäre eine nachhaltige Gefahr bestehen würde. Paradoxer Weise ist jedoch bis heute die direkte Einleitung des kontaminierten Abwassers aus den Wiederaufbereitungsanlagen ins Meer legal.

## Literatur und Internet

**AkEnd** (2002) - Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd. Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, Köln 2002

**Bauchmüller M.** (14.10.2009) - Die Mär von der Renaissance. Süddeutsche Zeitung 14.10.2009

**BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe** (2007) - Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland. Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenzielle geeigneten Wirtsgesteinsformationen. Hannover/Berlin 2007  
[http://www.bmi.de/BMWi/Redaktion/PDF\(B/bgr-studie-kurzfasung,prperty=pdf.bereich=bmwi,sprache=de,rwb0truepdf](http://www.bmi.de/BMWi/Redaktion/PDF(B/bgr-studie-kurzfasung,prperty=pdf.bereich=bmwi,sprache=de,rwb0truepdf)

**Bremer Energie-Institut** (2009) - Bericht – Aktueller wissenschaftlicher Diskussionstand 31.03.2008.  
[http://spurwechsel-hsk.net/upload/BEI%20%202008\\_2798.pdf](http://spurwechsel-hsk.net/upload/BEI%20%202008_2798.pdf)

**Fischer S., Geden O.** (2011) – Die deutsche Energiewende europäisch denken. SWP-Aktuell 47, 2011  
[www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/.../2011A47\\_fis\\_gdn\\_ks.pdf](http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/.../2011A47_fis_gdn_ks.pdf)

**Gerlach W.** (1956) - Fortschritte der Atomforschung und ihre Bedeutung für die Menschheit. Naturwissenschaftliche Rundschau, Heft 6, 1956

**Kulke U.** (14.09.2010) - Atommüll wird in 20 Jahren nicht mehr strahlen.

Stand 14.09.2010

<http://www.welt.de/wissenschaft/article9637790/Atommuell-wird-in-20-Jahren-nicht-mehr-strahlen.html>

**Lernhelfer** – Julius Robert Oppenheimer

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/julius-robert-oppenheimer>

**Lübbert D., Ahlswende J.** (2008) - Transmutation radioaktiver Abfälle - Lösung des Endlagerproblems?

Deutscher Bundestag-Wissenschaftlicher Dienst Nr.61, 2008

<http://www.bundestag.de/dokumente/analysen/2008/transmutation.pdf>

**Quaschnig V.** (2013) - Erneuerbare Energien und Klimaschutz.

Hintergründe - Techniken und Planung - Ökonomie und Ökologie - Energiewende

3., aktualisierte und erweiterte Auflage 2013; Carl Hanser Verlag München.

**Reuters Deutschland** (07.08.2013) - Verseuchtes Fukushima-Wasser fließt seit Jahren ins Meer. 07.08. 2013.

<http://de.reuters.com/article/worldNews/iDEBEE97603620130807>

Datenabruf 07.08.2013

**Röhling K.-J. et al.** (2013) – Endlagerung radioaktiver Abfälle, Teil 1/2/3.

Chemie unserer Zeit 46/3,4, und 5, 2013

**Rossa H.** (13.10.2008) - Beseitigung von Atommüll durch Transmutation.

Suite 101.de, Stand 13.10.2008.

<http://www.suite101de/content/beseitigung-von-atommuell-durch-stoffumwandlung-a48864>

**Süddeutsche.de** (19.07.2013) - Brüssel will den Bau von Atomkraftwerken erleichtern.

19.07.2013.

<http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/europaeische-kommission-bruessel-will-bau-von-atomkraftwerken-erleichtern-1.1725328>

**WIKIPEDIA** (19.09.2015) - Kernenergie

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie> 19.09.2015

**WIKIPEDIA** (30.09.2015) - Kernkraftwerk

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk> 30.09.2015

**WIKIPEDIA** (14.10.2015 – Manhattan-Projekt

<https://de.wikipedia.org/wiki/Manhattan-Projekt>

### **3 Die Gentechnologie**

#### **- der genmanipulierte Organismus (GMO) -**

#### **Gezielter Eingriff in das Erbgut: Fluch oder Segen? -**

Die Biotechnologie wird zu einer der Schlüsseltechnologien unserer Zeit gezählt. In einer interdisziplinären Zusammenarbeit werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse aus den Bereichen der Biologie, Physik und Chemie mit ingenieurwissenschaftlichen Konzepten der Verfahrenstechnik kombiniert, um Technologien, Verfahren und Produkte zu entwickeln, deren Basis lebende Organismen oder deren zelluläre und subzelluläre Bestandteile sind (BIOTECHNOLOGIE 16.12.2013).

Als Gentechnik werden Methoden und Verfahren der Biotechnologie bezeichnet, die auf den Kenntnissen der Molekularbiologie und Genetik aufbauen. Dabei handelt es sich um gezielte Eingriffe in das Erbgut (Genom), um die biochemischen Steuerungsvorgänge von Lebewesen zu beeinflussen. Gentechnik zielt demnach durch gerichtetes Einbringen fremder DNA in lebende Organismen auf die Veränderung und Neuzusammensetzung von DNA-Sequenzen in vitro oder in lebenden Organismen. Als in vitro (lateinisch für 'im Glas') bezeichnet man organische Vorgänge, die außerhalb eines lebenden Organismus stattfinden, im Gegensatz zu solchen, die in vivo, im lebenden Organismus ablaufen (MADIGAN, MARTINKO, PARKER 2006).

Zwischen den verwendeten Methoden bestehen große Gemeinsamkeiten, deshalb wird z.B. nach Anwendungsbereichen differenziert:

- **Grüne Gentechnik** - Agrogentechnik, Anwendung bei Pflanzen;
- **Rote Gentechnik** - Anwendung bei Wirbeltiere oder Zellen aus diesen Organismen, in der Medizin und Pharmazeutik;
- **Weißer Gentechnik** - Anwendung in der Industrie;
- **Graue Gentechnik** - Anwendungen speziell im Umweltschutz.

### **3.1 Die grüne Gentechnologie**

#### **3.1.1 Die Geschichte**

Die herkömmliche Pflanzenzüchtung nutzt meist spontane oder induzierte Mutationen. Künstliche Mutationen für Züchtungszwecke (konventionelle Landwirtschaft) werden erzeugt, indem Keime genverändernden Einflüssen (Mutagenen) ausgesetzt werden, um Mutationen im Erbgut häufiger als unter natürlichen Bedingungen hervorzurufen. Diese Technik wurde bei fast allen Nutzpflanzen und auch bei einigen Tierarten angewandt. Der Erfolg züchterisch brauchbaren Mutanten bei Pflanzen war sehr gering, bei Tieren ist diese Methode überhaupt nicht zu gebrauchen (F. LEIBENGUTH 1982).

Der Einstieg in die Gentechnik begann, als es RAY WU und ELLEN TAYLOR 1971 gelang, mit Hilfe von Restriktionsenzymen eine Sequenz von zwölf Basenpaaren vom Ende des Genoms eines *Lambdavirus* abzutrennen (R. WU, E. TAYLOR 1971). Zwei Jahre später wurde das erste genetisch veränderte rekombinante Bakterium erzeugt, indem ein Plasmid mit vereinter

viraler und bakterieller DNA in das Darmbakterium *Escherichia coli* eingeschleust wurde (R. WU, E. TAYLOR 1971). Im Februar 1975 tagte die Asilomar-Konferenz in Pacific Grove, Kalifornien, auf der Molekularbiologen aus 16 Ländern Sicherheitsauflagen diskutierten, unter denen die Forschung weiter stattfinden sollte (U. TRÖHLER 2000). Die Ergebnisse waren Grundlage für staatliche Regelungen in den Vereinigten Staaten und später in vielen anderen Staaten. 1977 entwickelten schließlich W. GILBERT, A. MAXAM und F. SANGER Methoden zur effizienten DNA-Sequenzierung, (A. MAXAM, W. GILBERT 1977; F. SANGER et al. 1977). Ende der 1970er Jahre entdeckten M. VAN MONTAGU und J. SCHELL dann die Möglichkeit, mittels *Agrobacterium tumefaciens* Gene in Pflanzen einzuschleusen. Damit legten sie den Grundstein für die Grüne Gentechnik (J. SCHELL, M. VAN MONTAGU 1977).

Die Frage, ob die Anwendung der Grünen Gentechnik wünschenswert oder abzulehnen sei, wird lebhaft und in verschiedenen Regionen der Welt unter vielen unterschiedlichen Gesichtspunkten diskutiert. Dabei sind unter anderem Aspekte der Ernährungssicherheit, des Umweltschutzes, der Wirtschaftlichkeit und des Verhältnisses der Gentechnik zur Natürlichkeit von Bedeutung.

### **3.1.2 Das Verfahren**

Die Grüne Gentechnik oder Agrogentechnik ist die Anwendung gentechnischer Verfahren im Bereich der Pflanzenzüchtung. Die Ergebnisse sind transgene Pflanzen bzw. gentechnisch veränderte/manipulierte Pflanzen (GVO bzw. GMO) Die Grüne Gentechnik unterscheidet sich von der herkömmlichen Züchtung, indem sie in das Erbgut gezielt einzelne fremde Gene eingeschleust, einzelne Gene gezielt transferiert und dabei Artgrenzen sowie andere Kreuzungshindernisse leichter überschreitet (M. JANSOHN 2007; F. KEMPEN, R. KEMPEN 2003; F. KEMPEN 2009).

## **3.2 Die rote Biotechnologie**

### **3.2.1 Die Geschichte**

Mit der Entdeckung der Welt der Mikroben und damit vieler Krankheitserreger Ende des 15. Jahrhunderts begann die Geschichte der roten Biotechnologie. Mit der Entdeckung des Penicillins 1928 durch ALEXANDER FLEMING erfolgte die Entwicklung der Antibiotika.

Mit der Aufklärung der Struktur der DNA-Doppelhelix durch JAMES WATSON und FRANCIS CRICK 1953 fand ein weiterer entscheidender Entwicklungsschritt statt. Seitdem wurden, wie in kaum einem anderen Forschungsgebiet, in steter Regelmäßigkeit immer wieder neue Erkenntnisse in der Zell- und Molekularbiologie erarbeitet.

*„Seit 2000 ist das menschliche Genom entschlüsselt. Jetzt konzentrieren sich die Forscher auf Genome anderer Organismen sowie die von den Genen codierten Proteine, das sogenannte Proteom“* (WIKIPEDIA - Rote Biotechnologie 02.08.2015). Von besonderem Interesse der roten Biotechnologie sind Krankheitserreger, potenzielle Wirkstoffproduzenten und warum genau eine Krankheit entsteht und wie sie verläuft. Nur so kann gezielt nach Mitteln zu ihrer Bekämpfung gesucht werden (B. FEHSE, S. DOMASCH 2011).

### 3.2.2 Das Verfahren

„Rote Biotechnologie, auch medizinische Biotechnologie genannt, umfasst die Bereiche der Biotechnologie, die medizinische Anwendungen, insbesondere im Bereich der Gesundheit, zum Ziel haben. Die Farbe Rot steht für die Farbe des Blutes [...]. Es soll ein praktischer Nutzen aus den Forschungsergebnissen der Bio- und Gentechnologie gewonnen werden“ (WIKIPEDIA - Rote Biotechnologie 02.08.2015).

Zu den Anwendungsgebieten zählen

- Medizinische Diagnostik;
- Herstellung von Arzneimittel;
- Gentherapie;
- Regegenerationsmedizin.

Zu den dafür entwickelten Verfahren/Methoden der roten Biotechnologie gehören

- Heilung von Krankheiten;
- Entwicklung neuer Medikamente;
- Biochips zu Diagnostik.

Voraussetzungen dafür sind

- die dazu erforderlichen Plattformtechnologien;
- die Modellorganismen aus dem tierischen Bereich, die zur Entwicklung neuer Therapeutika benötigt werden;
- die Produktion von Wirkstoffen durch genetisch veränderte Organismen.

## 3.3 Die weiße Gentechnologie

### 3.3.1 Die Geschichte

Der Begriff Weiße Biotechnologie (auch industrielle Biotechnologie) ist relativ jung, aber einige Methoden, die dieser Biotechnologie zugeordnet werden, werden schon seit Jahrtausenden von der Menschheit genutzt. Dies geschah lange vor der Entdeckung der Mikroorganismen oder gar dem Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse. In zahlreichen Kulturen wurde zum Beispiel die Vergärung zuckerhaltiger Nahrungsmittel zu Alkohol (*Ethanolgärung*) mit Hilfe von Hefen, die Milchsäuregärung unter Verwendung von *Lactobacillus*-Stämmen oder die Essigsäure-Herstellung mit Hilfe von *Acetobacter*-Spezies angewendet.

LOUIS PASTEUR (1822-1895) entdeckte 1856 in verunreinigten Weinfässern Mikroorganismen, die er nach ihrer Form mit dem griechischen Wort für Stäbchen *Bacterion* benannte. Die entdeckten Milchsäurebakterien (*Lactobazillen*) produzierten aus Zucker durch Gärung Milchsäure, während in den Weinfässern Hefepilze den Zucker zu Alkohol vergären sollten. Pasteur legte mit diesen Entdeckungen die Grundlage für das Verständnis von Fermentation bzw. Gärung und begründete die moderne Mikrobiologie.

2012 arbeiteten von den 565 Biotech-Unternehmen in Deutschland 61 (rund 11%) hauptsächlich auf dem Gebiet der Industriellen Biotechnologie. Viele Unternehmen der chemi-

schen Industrie setzen Methoden der Weißen Biotechnologie ein, wurden aber bei Umfragen nicht erfasst, so dass die Bedeutung deutlich größer sein dürfte (G. ANTRANIKIAN 2006; K. KÖCHY, A. HÜMPEL 2012).

### 3.3.2 Das Verfahren

Die Weiße Biotechnologie ist der Bereich der Biotechnologie, der biotechnologische Methoden für industrielle Produktionsverfahren einsetzt. Der Begriff Weiße Biotechnologie ist allerdings bisher nicht klar definiert. Dazu werden biologische und biochemische Kenntnisse und Prozesse durch die Bioverfahrenstechnik in technische Anwendungen übertragen. Dabei kommen Organismen (zum Beispiel Bakterien wie *Escherichia coli* oder *Corynebacterium glutamicum*, Hefen, etc.) oder auch Enzyme oder Enzymsysteme zum Einsatz.

### 3.4 Die graue Biotechnologie

Nach neuer Lesart ist die Graue Biotechnologie (auch Umweltbiotechnologie genannt) ein immer wichtiger werdender Bestandteil des Umweltschutzes, der alle Bestrebungen, Biotechnologie für den Umweltschutz einzusetzen, umfasst. Dazu infrage kommen biotechnologische Verfahren zur Aufbereitung von Trinkwasser, Reinigung von Abwasser, Sanierung kontaminierter Böden, zur Müllbehandlung oder zur Abluft- beziehungsweise Abgasreinigung.

Zur Verwirklichung ihrer Aufgaben im Umweltbereich benötigt die Graue Biotechnologie Mikroorganismen, die gentechnisch angepasst werden müssen. Die Veränderung der Mikroorganismen erfolgt dabei analog der Weißen, Roten, Grünen oder Weißen Biotechnologie. Über chemische und enzymatische Methoden werden zunächst Mutanten der Mikroorganismen erzeugt, die Unterschiede in der Aminosäureabfolge zeigen. Im anschließenden Verfahren werden verbesserte Proteinvarianten gesucht. Wurde bei einer Spezies eine Enzymvariante gefunden, die nutzbare Eigenschaften hat, so ist das zugehörige Gen Ausgangspunkt für die nächste gelenkte Entwicklungsrunde. Dieser Vorgang wird in iterativen Zyklen wiederholt bis die angestrebten Verbesserungen für Umweltaufgaben erreicht sind.

### 3.5. Die Genetische Schwerpunktverschiebung und Verarmung

#### 3.5.1 Die Veränderung im Genpool

Jede Art und jedes Individuum beinhalten genetische Informationen. Die Gesamtheit aller Gene einer Art stellt so ihren Genpool. Dieser Genpool schrumpft bereits bei abnehmender Populationsgröße und jedes Aussterben einer Art führt unweigerlich zum entsprechenden Genpoolverlust und damit zu einer genetischen Verarmung im gesamten Artenspektrum.

Über Ausmaß, Grad der Gefährdung, Wandel und ökologische Bedeutung genetischer Informationen in Populationen ist die Kenntnis vergleichsweise ungenügend. Sicher ist nur, dass eine ausreichende genetische Vielfalt unerlässlich für den Fortbestand von wild lebenden Arten ist. Nur bei einer breiten genetischen Basis mit entsprechenden Merkmalen und Merkmalskombinationen besitzt eine Art genügend evolutive Fähigkeit, um sich gegenüber verändernden Umweltbedingungen behaupten zu können.

Die genetische **Vielfalt wild lebender Populationen** ist vor allem durch anthropogene Veränderungen der räumlichen Umwelt gefährdet. Direkte Verluste, Reduktion sowie Zer-

schneidung von Lebensräumen durch Verkehrswege und Überbauung können dazu führen, Populationen unmittelbar auszulöschen. Doch bereits Isolation, Fragmentierung und Verkleinerung bewirken eine Verringerung des Genpools innerhalb der Population, erhöhen das Aussterberisiko. Aber auch Einflüsse, wie z.B. Stoffeinträge, verändern durch ihre selektive Wirkung die genetische Vielfalt. Das Einbringen von Individuen der gleichen Art aber mit anderer geographischer Herkunft, z.B. bei Wiedereinbürgerung oder Auswilderung, bei Pflanzung und Aufforstung, kann bei heimischen Arten ebenso eine positive wie auch negative Veränderung des Genpools bewirken. Langzeitbeobachtungen wären die Voraussetzung um festzustellen, ob sich Folgen für autochthone Arten und Lebensgemeinschaften ergeben.

Genetische Vielfalt spielt aber ebenso bei **Kulturpflanzen** und **Nutztieren** eine besondere Rolle. Durch Züchtung entstand eine Vielzahl an Unterarten, Rassen und Sorten, die beispielsweise an besondere Umwelt- und Anbaubedingungen angepasst oder auf spezielle Nutzungsbedingungen angewiesen sind. Der Mensch greift gegenwärtig auf ca. 3 000 Nutzpflanzen zurück (WBGU 1999), wobei allein Reis, Mais und Weizen den größten Teil der produzierten Kohlehydrate ausmachen. Dabei werden bestimmte leistungsstarke Arten und Sorten immer mehr bevorzugt und weitere gezüchtet, die dann lokale Kultursorten verdrängen, ersetzen und sogar aussterben lassen. „Nur zehn Firmen beherrschen [...] zwei Drittel des weltweiten Saatgutmarktes“ (HAZ 30.11.2012). Für die Landwirtschaft und Ernährung spielen derzeit weltweit lediglich 30 Tierarten (16 Säugetier- und 14 Vogelarten) eine größere Rolle. Laut FAO sind weltweit 7 616 Tierrassen gemeldet, wovon 1 491 Rassen (etwa 20%) als gefährdet eingestuft werden müssen (BLE 2011).

Entgegen einer auch für die moderne Pflanzenzucht und Tierzucht notwendigen und ausreichenden genetischen Vielfalt, erfolgt eine unterschiedliche Arten-, Sorten- und Rasseneinengung. Die moderne Landwirtschaft (Pflanzenbau und Tierhaltung) setzt auf Intensivierung und Ertragssteigerung. Eine kleine Anzahl Elitesorten bzw. Eliterassen mit extrem schmaler genetischer Basis bildet die Grundlage dafür. Die genetische Vielfalt hat dramatisch abgenommen. Es ist ein Prozess, der als genetische Erosion bezeichnet wird (E. O. WILSON 1992).

### 3.5.2 Die Genetische Einflussnahme

#### (1) Die transgenen Pflanzen

Ein äußerst ambivalentes Thema ist die gentechnische Einflussnahme bei Organismen. Gentechnisch veränderte Nutzpflanzen eröffnen zwar eine neue Dimension der landwirtschaftlichen Nutzung. Gleichzeitig stellt sich aber mit dieser neuen Qualität auch die Frage nach den Folgen. Bei einer Diskussion und Entscheidung über das Inverkehrbringen muss um die differenzierte Betrachtung gehen, wie mit Wissen und neuen Erkenntnissen im sozialen und ökologischen Kontext umgegangen werden soll.

Die **transgene Manipulation** von Kulturpflanzen umfasst inzwischen die Veränderung agronomischer Eigenschaften. Durch den Einbau von Resistenzen gegen biotische (z.B. Bakterien, Pilze, Viren, Insekten und Nematoden) und abiotische (z.B. Salz, Trockenheit) Stressoren, soll eine Verbesserung des Ertrags und der Ertragssicherheit erreicht werden. Für eine Vielzahl von Pflanzen bestehen bereits Protokolle zu einer solchen gentechnischen Veränderung. Darunter sind alle wichtigen Getreidearten, sowie Leguminosen, Wurzel- und Knollenfrüchte, Gemüse und sogar Baumarten vertreten. Viele dieser Pflanzen der ersten Generation

wurden in experimentellen Freisetzen bereits getestet. Einige werden, wie z.B. die Sojabohne, bereits angebaut und bei Futter- und Nahrungsmittelprodukten eingesetzt. Bei den transgenen Pflanzen der zweiten und dritten Generation steht die Entwicklung und Verbesserung des Potenzials zur industriellen Produktion von Rohstoffen (Polymere, Öle und Fette, Kohlehydrate), von Enzymen und schließlich für medizinisch-pharmazeutische Produkte im Vordergrund. Unter der Bezeichnung *Gen-Farming* werden seit Anfang der 1990er Jahre transgene Pflanzen zur Erzeugung von Bio-Pharmazeutika und Bio-Diagnostika im Freiland angebaut (A. DE KATHEN 2001).

Die öffentlich verfügbaren Informationen zu den eingebrachten Genen sind spärlich und ebenso experimentelle Daten zum Anbau und zu möglichen spezifischen Umweltrisiken. Die entscheidende Frage beim Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO) ist immer, welche Wirkungen können sie in der Umwelt ausüben. Wie ausreichend die europäische FREISETZUGSRICHTLINIE von 2001 (Richtlinie 2001/15/EG) daher für die im Rahmen der Zulassungsverfahren erforderliche Umweltrisikoprüfung (URP) ist, muss sich noch erweisen. Doch leider erst im Nachhinein, denn **transgene Folgen sind dann nicht mehr zurückzunehmen**. Die große Skepsis und Ablehnung der Öffentlichkeit gegenüber gentechnisch veränderten Nutzpflanzen ist auf Grund dieser Unsicherheiten jedenfalls verständlich.

Orientiert an den Zielen von Natur- und Umweltschutz **dürfen transgene Organismen andere Arten in ihrem Bestand nicht gefährden**. Niemand weiß aber, wann das Vorhandensein einer gentechnisch veränderten Art für eine nicht veränderte Art zur Beeinträchtigung wird oder gar in eine Bestandsgefährdung umschlägt. Kenntnisse über Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf die Umwelt, d.h. durch Gentransfer auf Wildpflanzen und/oder Wildtiere ausgelöste Effekte mit entsprechenden Folgen für die jeweiligen Arten und/oder Ökosysteme, sind mehr als nur lückenhaft. Reale Vorgänge und Prozesse, wie z.B. Pollenübertragung, Samenausbreitung, Tierfraß oder Konkurrenzverhalten lassen lediglich auf mögliche Transferwege und Transfermittel und ein mögliches Risikopotenzial schließen.

Das Inverkehrbringen hebt den Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen auf die Ebene der normalen Flächennutzung und stellt sie neben die übliche landwirtschaftliche und gartenbauliche Nutzung. Ob dieses gerechtfertigt ist, lässt sich aber bereits an folgenden Fragen abprüfen:

- Sind die internen Wirkungszusammenhänge der jeweiligen gentechnisch veränderten Pflanzenkultur und ihre externen Auswirkungen (Transferwege, Transfermittel) auf benachbarte Nutzungen und/oder Wildartenvorkommen (mögliche betroffene Organismen) bekannt und wissenschaftlich abgesichert?
- Welche wirksamen Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung gentransferbedingter Beeinträchtigungen sind bekannt und können nach dem Stand des Wissens und der Technik sicher angewendet werden?
- Sind bei nicht vorhergesehenen negativen Folgeeffekten transgene Auswirkungen rückholbar?

Hinsichtlich der Biodiversität besteht nicht nur die Gefahr, dass traditionelle Nutzpflanzen mit ihrer Sortenvielfalt durch ausgewählte *Gentech-Pflanzen* abgelöst und noch mehr verdrängt werden. Außerdem belegen die bisher größten Freilandversuche in Großbritannien

mit transgenen Raps und Futterrüben (der Konzerne Bayer und Monsanto), dass Auswirkungen auf das Arten- und Individuenspektrum von Wildpflanzen und Wildtieren zu erwarten sind. Inwieweit diese gentechnisch bedingt sind, ist jedoch noch unklar. Auf den *Gentech-Feldern* gab es jedenfalls 60% bis 80% weniger Kräuter sowie weniger Schmetterlinge, weniger Bienen und weniger Käfer (GLOBAL 2000, 28.07.2010).

**Die grüne Gentechnik oder Agro-Gentechnik ist eine nicht kalkulierbare Einflussnahme auf die biogene Umwelt.** Gentechnisch veränderte Organismen leben, können in Wechselwirkungen mit anderen Organismen treten, können sich vermehren, ausbreiten, verändern und genetisch austauschen. In die Umwelt entlassen, sind sie praktisch nicht mehr rückholbar. Trotzdem wollen *Gentech-Industrie* und einschlägige Lobbyisten in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft der Agro-Gentechnik zum Durchbruch verhelfen und loben ihre Vorteile: Ertragssteigerung, weniger Chemie auf dem Acker, Bekämpfung des Hungers in der Dritten Welt, Schaffung von Arbeitsplätzen. Doch diesen bislang propagierten Chancen stehen kaum nennenswerte Ergebnisse gegenüber. Die Hälfte aller weltweit angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen wächst in den USA, ohne dass erwähnenswerte höhere Erträge erzielt wurden. Die gesundheitlichen biogenen Auswirkungen sind nicht geklärt. Landwirte tragen das wirtschaftliche Risiko, wenn ihre Ernten im Falle einer gentechnischen Verunreinigung nicht absetzbar sind. Es besteht die Gefahr, dass im Pflanzenbau die Wahlfreiheit verloren geht. Zahlreiche Untersuchungen belegen außerdem, dass der Verbrauch an Pflanzenschutzmitteln steigt und damit auch dieses Gefahrenpotenzial für die Umwelt. Die beschworene Vermehrung der Arbeitsplätze scheint sich im engeren Agrarbereich eher als Rationalisierungsmaßnahme auszuwirken. Alle gentechnisch veränderten Pflanzen, die sich bisher auf dem Markt befinden, sind auf die industrialisierte Landwirtschaft der Länder des Nordens zugeschnitten, nicht auf die regionalen und kleinbäuerlichen Strukturen der Länder des Südens (GLOBAL 2000, 28.07.2010).

Auf Grund der komplexen Zusammenhänge in realen Ökosystemen kann über mögliche Auswirkungen bislang nur spekuliert werden (A. DE KATHEN 2001). **Das eigentliche Risikopotenzial liegt darin, dass insgesamt gesehen die Folgen einer transgenen Veränderung der Nutz- und Wildpflanzen nicht abzuschätzen sind**

## **(2) Die Energiepflanzen**

Die pflanzliche Biomasse ist ein Energieträger, der sich zwar innerhalb relativ kurzer Zeit immer wieder bildet, nachwächst, aber nicht jeder Zeit unbegrenzt verfügbar ist.

Mit der energetischen Verwertung von Biomasse ist gleichzeitig der Anbau von Energiepflanzen gestiegen. Als Energiepflanzen werden ein- bis zweijährige gras- und staudenartige Pflanzen sowie mehrjährige, schnell wachsende Gehölzarten bezeichnet, die mit dem Ziel der energetischen Nutzung angebaut werden. Energiepflanzen sind Teil der modernen Biomasse. Im engeren Sinn gilt der Begriff für solche Pflanzen, die als Ganzes genutzt werden. Zugleich schließt aber energetische Nutzung weder eine entsprechende Nutzung von Pflanzenteilen noch eine Eignung für Nahrungs- und Futtermittelproduktion aus.

Für die Landwirtschaft wird die Erzeugung von energetisch nutzbarer Biomasse zunehmend zu einer Einnahmequelle. Als Energiepflanzen der ersten Generation finden deshalb auch

zahlreiche Nutzpflanzen der Nahrungs- und Futtermittelproduktion für die energetische Nutzung Verwendung, wie z.B. Zuckerrübe, Kartoffel, Getreide, Mais, Raps, Sonnenblume. Zudem konzentriert sich der Anbau auf heimische, schnellwüchsige Gehölze, wie z.B. Weiden, Pappel. Doch das Augenmerk richtet sich auch auf Pflanzen, die aus anderen Regionen stammen. In anderen Regionen sind z.B. Soja, Ölpalme, Purgiernuss oder Zuckerrohr Energiepflanzen mit einem großen Potenzial. Die gentechnische Manipulation zur Biomassenverbesserung liegt nahe.

Nach einer Anbauschätzung der FNR (Fachagentur nachwachsende Rohstoffe 2011) verfügte Deutschland 2010 über rund zwölf Millionen Hektar Ackerfläche. Davon nutzten die deutschen Landwirte etwa 2,15 Millionen Hektar, das sind fast 18%, für den Anbau nachwachsender Rohstoffe. Der Anbau von Energiepflanzen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, den größten Zuwachs verzeichnete die für Biogasanlagen verwendete Pflanzenmasse. Die energetische Nutzung setzt überwiegend auf heimische pflanzliche Rohstoffe. Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2020 in Deutschland zwischen 2,5 und 4 Millionen Hektar für den Anbau nachwachsender Rohstoffe nutzbar sein könnten (BMELV Presse 2010).

### **(3) Die transgenen Tiere**

In der Reihe technischer Eingriffe an landwirtschaftlichen Nutztieren (künstliche Befruchtung, In-vitro-Befruchtung, Embryotransfer) stellen die gentechnischen Verfahren das jüngste Glied. Damit ist es grundsätzlich möglich, artfremdes Genmaterial für die Züchtung zu nutzen. Das Interesse richtet sich darauf, Nutztiere gentechnisch optimal zu verändern, um dann die erfolgreich manipulierten Nutztiere zu klonen, zu genetisch identischen Individuen zu kopieren. Mit transgenen Nutztieren soll beispielsweise durch besseres Fleisch gesunder Tiere der Welthunger bekämpft, durch billige Medikamente und mehr Organe für Transplantationen die humanmedizinische Versorgung verbessert werden. Die Erwartungen in die Gentechnik an Nutztieren haben sich jedoch trotz anfänglicher Erfolgsmeldungen bisher nicht erfüllt. Milch, Fleisch oder Eier für die menschliche Ernährung von gentechnisch veränderten Nutztieren gibt es bislang nicht. Zudem sind derzeit kaum wirtschaftlich interessante Gene bekannt, die in das Erbgut von Nutztieren eingebracht werden könnten (TRANSgen 01.07.2010).

Lediglich für gentechnisch veränderte Fische liegen Anträge zur Marktzulassung vor. Etwa 35 verschiedenen Fischarten sollen bislang gentechnisch verändert worden sein, darunter Forellen, Karpfen, Lachs und Kabeljau. Dank des gentechnischen Eingriffs soll dadurch die Produktivität in Aquakulturen gesteigert werden. Gentechnische Zuchtziele sind unter anderem, das Größenwachstum zu beschleunigen oder ihre Kältetoleranz zu erhöhen (TRANSgen 01.12.2010). Falls Fische mit diesen Merkmalen in offene Gewässer entkommen - und davon ist auszugehen - werden sie dort die entsprechenden Wildbestände beeinflussen und verdrängen. Um ein solches Risiko zu vermeiden, sollen die hochmobilen transgenen Fische nicht nur in getrennten Zuchtstationen gehalten, sondern ebenso mittels Bio- und Gentechnik mit biogenen Sicherheitsbarrieren (Sterilität, Selbstmordgene) ausgestattet werden.

Während gegenüber der Grünen Gentechnik hauptsächlich ökologische und ökotrophologische Vorbehalten bestehen, werden gegen die rote Gentechnik zusätzlich noch ethische Bedenken vorgebracht. Dem werden allerdings humanmedizinische Gründe entgegen

gehalten, wonach auch Säugetiere so verändert werden sollen, dass sie menschliche Eiweiße für pharmazeutische Zwecke bilden (*Gen- oder Molecular-Farming*). Das Ziel ist aus den Körperflüssigkeiten transgener Tiere kostengünstige Medikamente zu gewinnen (TRANSgen 01.07.2010, 01.12.2010; TIERSCHUTZVERLAG 2010).

### 3.6 Die Vorbehalte und Problemfelder

Darf die Gentechnik genauso behandelt werden wie andere Techniken auch, das heißt in einfacher Abwägung ihrer Möglichkeiten und Risiken? Doch Gentechnik ist nicht vergleichbar mit anderen Forschungsbereichen und Techniken, denn **die einmal ausgeführten Handlungen sind unumkehrbar**. Eine wichtige Erkenntnis dabei ist, den Gebrauch von Techniken mit irreversiblen Wirkungen zu beenden.

Obwohl die Erzeugung und Nutzung pflanzlicher Biomasse zur Energiegewinnung immer wieder als positiver Beitrag zum Natur- und Umweltschutz hervorgehoben wird, so erweist sie sich letztlich doch als widersprüchlich, denn erhebliche Vorbehalte sind ebenso angebracht.

Von besonderer Bedeutung sind zwei Konfliktbereiche:

- der Konflikt mit der Produktion von Nahrungsmitteln;
- die strukturellen und ökologischen Risiken in der räumlichen Umwelt.

Die Pflanzenzüchtung von Nutzpflanzen verfolgt als Hauptziele:

- Ertragssteigerung = Erhöhung der Produktivität der Pflanze oder bestimmter Teile davon;
- Ertragssicherung = Erhöhung der Resistenz bzw. Toleranz gegenüber ertragsgefährdenden Einflüssen durch biotische oder abiotische Stressoren;
- Qualitätssteigerung = Optimierung der für eine Nutzung und Verwendung der Pflanze oder ihrer Teile vorteilhaften Eigenschaften.

Neben den klassischen Züchtungsmethoden genießen inzwischen auch biotechnische Methoden große wissenschaftliche, politische und gesellschaftliche Aufmerksamkeit. Die Gentechnik nimmt gezielte Eingriffe in das Erbgut (Genom) vor, löst dadurch eine Veränderung und Neuzusammensetzung von DNA-Sequenzen aus und greift so in die biochemischen Steuerungsvorgänge von Lebewesen ein (M. T. MEDIGAN, J. M. MARTINKO 2006). Durch gezieltes Einbringen arteigener oder artfremder DNA zur Neukombination des Genoms entstehen gentechnisch veränderte Organismen (GVO). Gentechnisch veränderte Nutzpflanzen eröffnen eine neue Dimension der landwirtschaftlichen Nutzung. Dabei stellen sich nicht nur Fragen nach humanbiologischen Folgen sondern in neuer Qualität auch solche nach den ökologischen Folgen in der räumlichen Umwelt.

Die zentralen Probleme, die mit dem Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen in Verbindung gebracht werden, sind

- die Risiken, die für den Menschen beim Verzehr von Produkten aus gentechnisch veränderten Organismen bestehen;

- die Risiken, dass veränderte Gene ungewollt auf andere nicht veränderte Nutzpflanzen der gleichen oder verwandten Art und/oder auf verwandte Wildpflanzen der sogar auf Wildtiere unkontrolliert übertragen werden;
- ethische Vorbehalte.

Die zu treffenden Aussagen sind als Zwischenbilanz zu sehen.

### 3.6.1 Die Risiken beim Verzehr

Hinsichtlich der zu diskutierenden gesundheitlichen Fragen sind drei Ebenen zu unterscheiden:

- Lebensmittel, die aus genetisch veränderten Organismen (GVO) bestehen. Transgene Nutzpflanzen sind Pflanzen, die gentechnisch verändert sind, um ihren Ertrag oder ihre Widerstandskraft zu erhöhen.
- Lebensmittel, die aus GVOs hergestellt sind, deren Gen- und Proteinstruktur aber chemisch oder thermisch eliminiert ist und damit im Endprodukt, der Nahrung des Menschen oder der Nutztiere, in der Regel nicht nachgewiesen werden kann.
- Lebens- und Futtermittel, die mit Hilfe genetisch veränderter Organismen oder von Bestandteilen gentechnisch veränderten Organismen hergestellt sind, diese aber nicht enthalten.

Von größtem Interesse ist die Garantie für die gesundheitliche Unbedenklichkeit gentechnisch veränderter Lebensmittel. Doch selbst durch Langzeitstudien lässt es sich nicht immer eindeutig feststellen, da neben Langzeiteffekten auch Überlagerungen durch die jeweiligen Lebensbedingungen (z.B. individuelle Disposition, Verzehrsgewohnheiten Zubereitungsformen) eine ursächliche Zuordnung erschweren (A. SPÖK et al. 2002)

Die gesundheitlichen Risiken der Grünen Gentechnik sind weitgehend hypothetische Risiken. Bisher gibt es keine wissenschaftlich anerkannten empirischen Untersuchungen, die eine differenzierte biologische und medizinische Risikoanalyse belegen und begründen.

Zusammengefasst bedeutet das:

- Es gibt keine methodisch gesicherten Aussagen über direkte gesundheitliche Schäden beim Menschen.
- Einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor bilden methodische Schwierigkeiten, wie z.B. die Frage der Übertragbarkeit von Ergebnissen bei Tieren und Pflanzen auf physiologische Vorgänge im menschlichen Körper. Aussagen zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen von GVOs auf Tiere beruhen auf methodisch problematischen Voraussetzungen.
- Die Behauptung, es gäbe keine gesundheitlichen Risiken der Grünen Gentechnik, beruht aufgrund der komplexen Zusammenhänge und relativ geringen Erfahrungswerte methodisch auf einem verkürzten Begriffsverständnis.
- Die Risiken der grünen Gentechnik sind hypothetische Risiken, die Anlass für weitere Forschung und Maßnahmen im Sinne des Vorsorgeprinzips begründen.

### 3.6.2 Die Risiken durch Gentransfer

Die Kenntnis über Auswirkungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen auf die Umwelt, d.h. durch Gentransfer ausgelöste Effekte bei anderen Pflanzen und/oder Wildtieren und entsprechende Folgen für Ökosysteme, ist bei der im Zusammenhang mit Feldversuchen praktizierten Informationszurückhaltung mehr als lückenhaft. *„Die Vor- und Nachteile, Risiken, Innovationspotentiale und sozialen Kontexte sind so komplex, heterogen oder langfristig, dass eine methodisch gesicherte oder gar rein naturwissenschaftliche Folgenabschätzung schon im Keim versagt“* (M. VOGT 2004).

Der Rahmen für das Risikopotenzial lässt sich jedoch modellhaft abstecken (Abb.1. Bei einer solchen Risikoanalyse sind Aussagen auf drei Ebenen erforderlich:

- Art, Eigenschaften und Zweck der gentechnisch veränderten Nutzpflanze sowie Lage und Umfang der Anbaufläche im Flächennutzungsmuster;
- Wege und Reichweite des Gentransfers;
- Art, Lage, Umfang und Bedeutung der umgebenden Flächennutzungen/Flächenfunktionen mit Nutz- bzw. Wildpflanzen und Beurteilung ihrer Empfindlichkeit/Betroffenheit.

Als mögliche Wege für einen Gentransfer kommen in Frage:

- Pflanze - Pflanze;
- Pflanze - Tier - Pflanze;
- Pflanze - Tier - Tier

Die Mittel für einen möglichen Gentransfer sind Pollen und Samen sowie Tierfraß und Reproduktion, wobei Wind, Wasser oder Tiere den Transport/die Verbreitung übernehmen können. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Übertragung durch Bakterien. Mit Sicherheit erhöht sich das Risiko eines Gentransfers zwischen gentechnisch veränderten Pflanzen und sonstigen Nutzpflanzen bzw. Wildpflanzen je verwandter die betreffenden Arten sind.

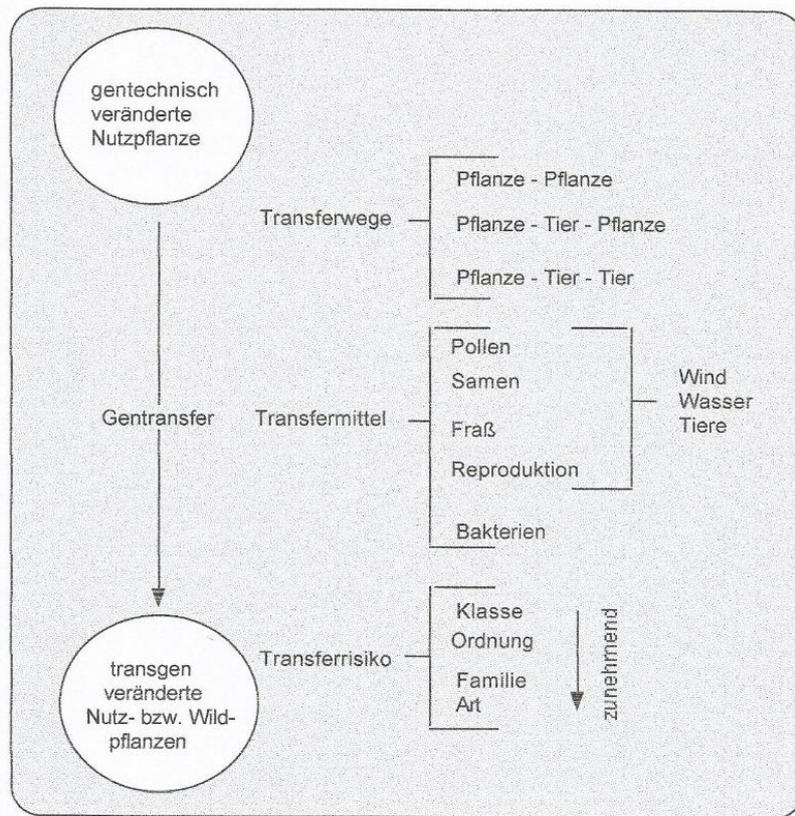


Abb.1 Gentransfer - Wege, Mittel, Risiko

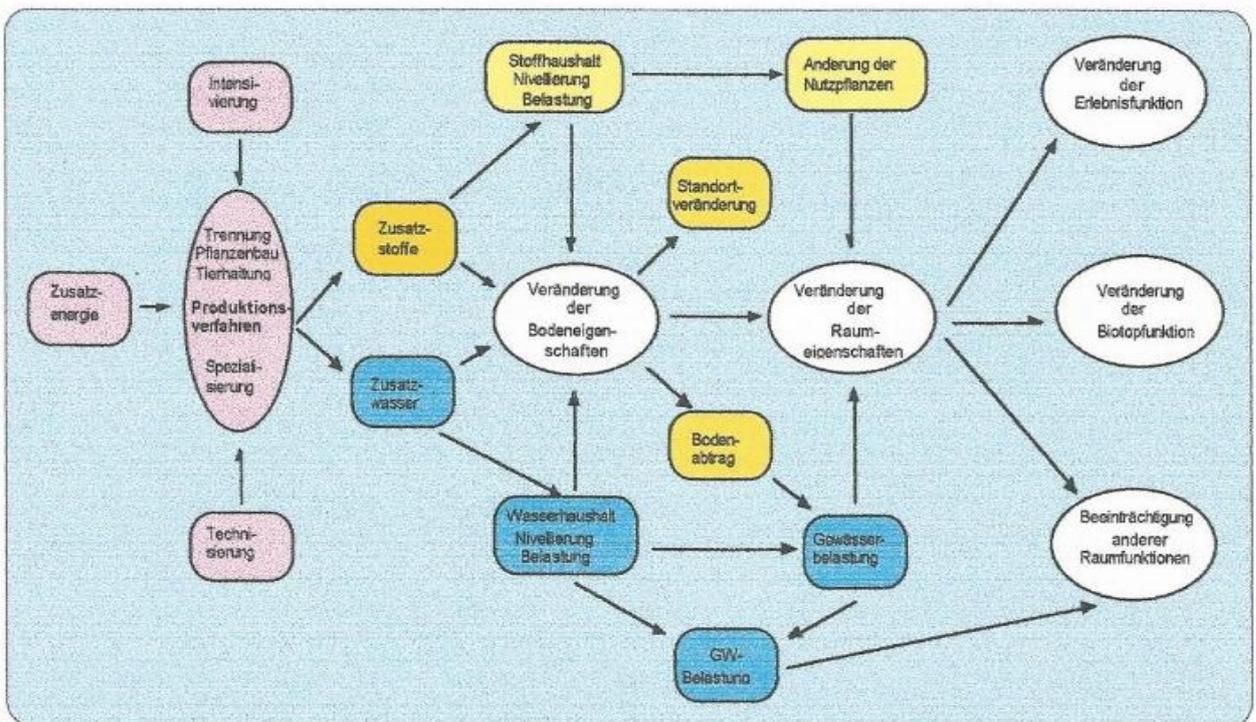


Abb. 2 Mögliche Wirkungsketten durch genmanipulierte Organismen (GMO)

Für natürliche und naturnahe Ökosysteme liegt das Risiko in möglichen Eigenschafts- und Verhaltensänderungen betroffener Arten, einschließlich der Veränderung ihrer Reproduktivität. Das kann, je nachdem, zur Schwächung einer Art oder aber auch zur Stärkung ihrer Konkurrenzkraft führen. Folgen können dann Änderungen im pflanzlichen Artenspektrum, im Konkurrenzverhalten zwischen Pflanzenarten und/oder Auswirkungen auf Tierhabitate sein. Die Komplexität der Zusammenhänge in realen Ökosystemen und der ungenügende Kenntnisstand über transgene Auswirkungen in solchen Systemen lassen bislang nur eine spekulative und lückenhafte Beschreibung des vermuteten Risikopotenzials zu.

Bei einem in Zukunft nicht ausschließbaren vermehrten Anbau gentechnisch veränderter Nutzpflanzen ist es dringend notwendig, Möglichkeiten zur Risikominderung eines Gentransfers zu diskutieren. Im Vordergrund stellt sich dabei die Frage, inwieweit selbst ein Multi-barrieresystem zusammen mit Langzeitbeobachtungen überhaupt geeignete Ansatzpunkte für eine Risikobegrenzung liefern könnte. Inwieweit stellt zumindest eine räumliche Differenzierung in Taburäume, empfindliche Räume und Anbau Räume eine Lösung dar? Jede neue, für einen Anbau vorgesehene gentechnisch veränderte Nutzpflanze muss dann zwangsläufig zu einer Überprüfung der bestehenden Raumgliederung und gegebenenfalls auch zu ihrer Veränderung führen. Selbstverständliche Voraussetzung einer Anbauzulassung sollte jedoch immer eine Risikoabschätzung möglicher Transferbetroffener, Transferwege und Transfermittel sein. Darüber hinaus ist ein vergleichendes Monitoringsystem erforderlich. Als Basis der Risikobeurteilung ist jedoch eine restriktive Handhabung der Flächennutzung erforderlich. Die Fläche für den Anbau einer gentechnisch veränderten Nutzpflanze hat im Sinne der Risikominderung nur dort ihre optimale Lage, wenn dadurch keine transgenen Risiken bestehen.

Aber von wesentlicher Bedeutung für die (besonderen) Risiken der Gentechnik und ihre Konsequenzen ist letztlich die Frage, darf die Gentechnik genauso behandelt werden wie andere Techniken auch, das heißt in simpler Abwägung ihrer Möglichkeiten und Risiken? Gentechnik lasse sich nicht aufhalten, sie sei längst unumgänglich verwirklicht und nicht wieder rückgängig zu machen. Doch die entscheidende Frage dabei bleibt immer noch, **wo wir das Subjekt des Handelns ansetzen - beim Menschen oder bei einer sich verselbständigenden Technik.**

### **3.6.3 Die ethischen Vorbehalte**

Neben der Digitalen Technologie ist die moderne Gen- und Biotechnologie diejenige Wissenschaft, mit den größten Entwicklungen und den am weitest reichenden Folgen und Umwälzungen für die Gesellschaft (P. GELHAUS 2006). Die Auseinandersetzungen um Biotechnologie und Grüne Gentechnik (insbesondere gentechnische Verfahren in der Landwirtschaft und Lebensmittelherstellung) umfassen eine vielschichtige und spannungsreiche Diskussion. In den emotional und rational geführten, oft hart und unvermittelt aufeinander treffenden Positionen, spiegeln sich zentrale Fragen der Technik- und Risikobewertung. Damit verbunden sind ebenso Fragen der Globalisierung, Gerechtigkeit und Armutsbekämpfung, des Naturverhältnisses von Mensch und Gesellschaft, der Beziehung zwischen Wissenschaft, Ethik und Öffentlichkeit. Letztlich geht es um die Abwägung zwischen technischen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten. Mit der Gentechnik sind Chancen aber auch

vielfältige Risiken verbunden, denn von ihr werden nicht nur einzelne Bereiche des Lebens beeinflusst, sondern das Leben in direkter Weise selbst. Sie wirft eine Vielzahl von ethischen Fragen auf.

Gemeinsame Regeln können nach wie vor nur von der Philosophie formuliert werden, nicht von den die eigenen philosophischen Ursprünge ignorierenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisbereichen. Es gilt heute als ethisch bedenklicher, die Begrenzung von Naturforschung zu fordern, als etwa der Tatbestand, dass große Teile der Naturforschung machtpolitischen, ausbeuterischen oder rein kommerziellen Interessen dienen und von diesen maßgeblich gefördert, d.h. vor allem finanziert werden. Wäre es nicht zumindest ein Gebot ethischer und sachliche Klugheit, „*die Gentechnikforschung zu begrenzen oder gar einzustellen?*“ (K. HEERKLOSS 2001). „*Um eine Polarisierung und Verhärtung der Fronten zwischen den Gegnern und Befürwortern der Grünen Gentechnik für Landwirtschaft und Ernährung zu vermeiden, um der Verunsicherung von Landwirten und Konsumenten entgegenzutreten und um die Diskussion um die Gentechnik inhaltlich voranzubringen, muss dringend ein breiter wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Diskurs über einen verantwortbaren Umgang mit dieser neuen Querschnittstechnologie in Gang gesetzt werden*“ (M. VOGT 2004).

Die Bewertung der Gentechnik ist eine ethische, natur- und sozialwissenschaftlich gestützte Querschnittsaufgabe. Sie betrifft in einem besonderen Maße die Öffentlichkeit, da letztlich alle mit ihren (positiven und negativen) Folgen leben müssten (J. HAMPEL, O. RENN 1999; O. RENN, J. HAMPEL 2001). In der Debatte um Biotechnologie und Grüne Gentechnik werden für eine zukunftsfähige Technik und Gesellschaft Interessenkonflikte und Überzeugungskonflikte ausgetragen. Es wird von vornherein jeglicher Einsatz gentechnischer Verfahren kategorisch als unnatürlich abgelehnt. Die genetische Ausstattung der Organismen wird als ein absolutes Schutzgut gesehen in das der Mensch unter keinen Umständen eingreifen darf. Aus religiöser Perspektive wird auf die Natur als Schöpfung Gottes verwiesen. Oftmals wird aber auch einfach nur das gesehen, was sich bewährt hat und daher nicht riskiert werden darf (DRZE o.J.).

## **(1) Die philosophische Position**

„*Im Streit um die Anwendung und Weiterentwicklung der Gentechnik vermischen sich das technische Wissen der Fachleute für dieses Gebiet mit den großen Erwartungen und noch größeren Ängsten hinsichtlich dieser Technik bei Wissenschaftlern wie bei Laien*“ (K. HEERKLOSS 2001). H. BÖHME (2000) stellt dazu die entscheidende Frage: „*Wer hat wohl die Kompetenz, in beiden Sphären wirklich gültige Aussagen zu machen?*“

Grundsätzlich lassen sich zwei Argumentationsansätze unterscheiden, der *physiozentrische* und der sog. *integrierte anthropozentrische Denkansatz*. Der physiozentrische Ansatz vertritt die Auffassung, der Natur kommt ein Eigenwert zu und dieser muss das ethische Handeln bestimmen. Der *integrierte anthropozentrische Ansatz* geht von einer Begründung der Ethik durch freie vernünftige Subjekte aus, die freiwillig Regeln anerkennen, die für alle anwendbar sind. Die Natur spielt insofern eine Rolle, als sie die sehr verletzbare Existenzgrundlage aller Lebewesen, insbesondere des Menschen ist. Die Forderung, die Natur müsse als Le-

bensgrundlagen bei allen ethischen Überlegungen mit berücksichtigt und erhalten werden, ist aus dieser Perspektive als ethische Forderung plausibel und einleuchtend.

Man sollte aber naturwissenschaftliche Modelle und Theorien nicht mit der Welt an sich verwechseln und glauben, daraus unumstößliche Schlussfolgerungen für unser Handeln ableiten zu können. Aus dem Umstand, dass die Welt immer mehr ist, als die Summe der vorhandenen Theorien über sie und auch immer mehr sein wird, lässt sich im Übrigen ein berechtigter Zweifel an der Behauptung der Gen-Forscher ableiten, dass sie die Folgen ihrer Experimente vollständig kontrollieren können. Die Langzeitfolgen lassen sich überhaupt nicht abschätzen.

## **( 2 ) Die religiöse Position**

Bereits zu Anfang der Umweltbewegung wurde der Vorwurf erhoben, das zur Umweltkrise führende Naturverständnis sei eine Erbschaft des Christentums. Der biblische Schöpfungsbericht vermittelt die Vorstellung, der Mensch sei mit einem Herrschaftsanspruch über die Natur ausgestattet (Genesis 1, 26-28). Das christliche Naturverhältnis ist deshalb eine wesentliche geistesgeschichtliche Ursache für den instrumentellen Umgang mit der Natur und damit Auslöser der Umweltkrise (L. WHITE 1967, 1970; B. COBB 1972; C. AMERY 1972; E. DREWERMANN 1981).

Zweifellos galt in der christlichen moraltheologischen Tradition ein weitgehend neutraler Umgang mit der außermenschlichen Natur. „*Aussagen über das Verhalten des Menschen zur gegenwärtigen Schöpfung*“ fehlten (G. FRIEDRICH 1982). Eine Neuinterpretation der biblischen Schöpfungsgeschichte aus christlicher Sicht sieht hingegen den Menschen stets doppelt eingebunden. Zum einen wird er als Mitgeschöpf (im Rahmen der Welt als Schöpfung) gesehen, zum anderen als Treuhänder und Verantwortlicher (auch für das Außermenschliche) gegenüber Gott. Der Mensch wird als Geschöpf begriffen und gehört damit voll einer Welt an, deren Sinn nicht zuerst in der Bedeutung für den Menschen sondern im Bewahren der Schöpfung besteht. Verschiedene Autoren beschreiben die von A. AUER (1984) vorgelegte theologische Umweltethik entsprechend dem Muster kommunikativer Beziehungen als Partnerschaft u. ä. (G. LIEDKE 1972; J. HÜBNER 1977; H. SACHSSE 1976). Die Qualität der Naturwelt als Schöpfung ist damit „*nicht mehr etwas Neutrales, mit dem der Mensch willkürlich schalten und walten dürfe, nicht mehr bloßes Objekt, das den eigenen Interessen rücksichtslos dienstbar gemacht werden kann, sondern Gegenstand der Verantwortung*“ (K. HILPERT 1985). Der an der christlichen Ethik geäußerten Kritik wird entgegengehalten, erst der säkulare Anthropozentrismus hat zu einem einseitig instrumentellen Naturverständnis geführt (B. IRRGANG 1992).

Bei der Offensichtlichkeit der Umweltprobleme stellt sich jedenfalls immer wieder die grundsätzliche Frage, wem gegenüber der Mensch in seinem Handeln primär verantwortlich ist. Die philosophische Ethik sieht aus Vernunftgründen den Handlungsmaßstab im Sittlich-Humanen. Kern ist eine in der Tradition der Aufklärung stehende Verpflichtung des Menschen zur verantwortlichen Gestaltung des Lebens und somit zu einem verantwortlichen Umgang mit Natur und räumlicher Umwelt, dem Lebensraum. Die religiöse Ethik setzt eine

göttliche Instanz, einen Gott voraus, dem gegenüber der Mensch in seinem Handeln primär verantwortlich ist.

## Literatur und Internet

**Amery C.** (1972) - Das Ende der Vorsehung. Die gnadenlosen Folgen des Christentums. Rowohlt, Reinbeck 1972

**Antranikian G.** (2006) - Angewandte Mikrobiologie, 1. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, ISBN 3-540-24083-7

**Balkhausen D.** (1978) - Die dritte industrielle Revolution. Wie die Mikroelektronik unser Leben verändert. 1978. ISBN 3-430-11147-1].

**Bick A.** (2006) - Die Steinzeit - Die Entwicklung der Jagdwaffen in der Steinzeit. S. 64-67, Konrad Theiss Verlag GmbH, Stuttgart 2006, ISBN 978-3-8062-1996-8.

**Biotechnologie** (2013)

[www.tu-berlin.de/fak\\_3/mnue/studium\\_und\\_lehre/.../biotechnologie](http://www.tu-berlin.de/fak_3/mnue/studium_und_lehre/.../biotechnologie) 16.12.2013

**BLE-Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung** (2011) - Nationales Fachprogramm tiergenetischer Ressourcen 2011

**BMELV** – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010)-  
Nachwachsende Rohstoffe 2010, Presse.

<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standartartikel/Landwirtschaft/Bioenergie-NachwachsendeRohstoffe/NachwachsendeRohstoffe/NaWaRo2009Anbauflaeche.html>

**Böhme H.** (2000) - Rundtischgespräch zur Gentechnik  
in: UTOPIE kreativ, Nr. 115/116 (Mai/Juni 2000), S. 490.

**Braun-Thürmann** (2005) - Innovation - Eine Einführung.  
Transcript-TB, Bielefeld 2005, ISBN 978-3-89942-291-7.

**Cobb B.** (1972) - Der Preis des Fortschritts, Umweltschutz als Problem der Sozialethik.  
München 1972

**De Kathen A.** (2001) - Gutachten zu „Spezifische Risiken des Gene-Farming in Pflanzen“/  
Zusammenfassung. „Gene-Farming“: Stand der Wissenschaft, mögliche Risiken und Management-Strategien. TEXTE 15/01 2001.

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/pdf-k/k1943.pdf>

**Drewermann E.** (1981) - Der tödliche Fortschritt. Von der Zerstörung der Erde und des Menschen im Erbe des Christentums.  
Regensburg 1981

**drze** (o.J.) - Zentrales Rechenzentrum für Ethik in den Biowissenschaften.

III. Ethische Aspekte

[http://www.drze.de/im-blickpunkt/gmf/ethische Aspekte](http://www.drze.de/im-blickpunkt/gmf/ethische%20Aspekte)

**Fehse B., Domasch S.** (Hrsg.) (2011) - Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Dornburg, 2011, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, ISBN 978-3-940647-06-1. (Download Kurzfassung als PDF; 634 kB)

**Friedrich G.** (1982) - Ökologie und Bibel. Neuer Mensch und alter Kosmos. Stuttgart 1982

**Gelhaus, P.** (2006) - Gentherapie und Weltanschauung. Ein Überblick über die genetische Diskussion. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 2006.

**Gehlen A.** (1961) - Anthropologische Forschung., Reinbek 1961

**Global 2000** - Österreich.

Naturschutzorganisation (28.07.2010) - Gentechnik und Umwelt  
28.07.2010.

<http://www.global2000.at/stie/de/wissen/gentechnik/umwelt/position-gentechnik-htm>.

**Hampel J., Renn O.** (1999) - Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Frankfurt/M. und New York 1999.

**HAZ-Hannoversche Allgemeine Zeitung**

Mit Blasmusik gegen das Tomaten-Patent

HAZ, Nr.281, 30.11.2012

**Heerkloss K.** (2001) - Gentechnik aus ökologisch-ethischer Sicht. UTOPIE kreativ, H. 124 (Februar 2001), S. 135-144 135

**Hilbert M., López Pr.** (2011) - The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information.

Science, 332(6025), 60-65;

[martinhilbert.net/WorldInfoCapacity.html](http://martinhilbert.net/WorldInfoCapacity.html)

Science, 332(6025), 60 -65. doi:10.1126/science.1200970

**Hübner K.** (1977) - Schöpfungsglaube und Theologie der Natur. EvTh 37, S.49-68, 1977

**Jansohn M.** (Hrsg.) (2007) - Gentechnische Methoden - Eine Sammlung von Arbeitsanleitungen für das molekularbiologische Labor.  
Spektrum Akademischer Verlag 2007. 4. Aufl., ISBN 978-3-8274-1537-0

**Kempken F., Kempken R.** (2003) - Gentechnik bei Pflanzen.  
2. Aufl. 2003, ISBN 3-540-01216-8

**Kempken F.** (2009) - Mit Grüner Gentechnik gegen den Hunger?  
APuZ. 6-7/2009.

**Köchy K., Hümpel A.** (2012) - Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Dornburg, 2012. ISBN 978-3-940647-07-8. (Download Kurzfassung als PDF)

**Lachkovics E.** (1999) - VON der GRÜNEN REVOLUTION zur GENREVOLUTION, "Macht Gentechnik satt?"  
FIAN-Südwind-WIDE-ANG-Tagung, 10.12.1999 pdf.

**Leibenguth Fr.** (1982) - Züchtungsgenetik.  
Thieme 1982, ISBN 3-13-628601-4

**Liedke G.** (1972) - Von der Ausbeutung zur Kooperation. Theologisch-philosophische Überlegungen zum Problem des Umweltschutzes.  
In: Weizsäcker E. v. (Hrsg.) Humanökologie und Umweltschutz. Studien zur Friedensforschung 8, S.36-65, Stuttgart/München 1972

**Madigan, Martinko, Parker** (2006) - Brock Mikrobiologie.  
11. Aufl., April 2006, ISBN 3-8273-7187-2, S. 1167

**Maxam A., Gilbert W.** (1977) - A new method of sequencing DNA.  
Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., (1977) Bd. 74, S. 560-564

**Mirow J.** (1996) - Geschichte des deutschen Volkes: Von den Anfängen bis zur Gegenwart,  
Bd. 1. Katz, Gernsbach 1996, ISBN 3-925825-64-9, S. 502-503

**Müller-Prothmann T., Dörr N.** (2009) - Innovationsmanagement. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse. Hanser, München 2009, ISBN 978-3-446-41799-1

**Ignacio Nunez** (2003) - Opportunities and Risks of Genetically Modified Organisms,  
in: Promotiae Iustitiae Nr. 79, 3/2003, 7-10

**Renn, O., Klinke A.** (2003) - Risikoabschätzung und -bewertung. Ein neues Konzept zum Umgang mit Komplexität, Unsicherheit und Ambiguität, in: Fortschritt und Risiko in der Bioethik am Beispiel der Embryonenforschung,

in: J. Beaufort/E. Gumpert/M. Vogt (Hrsg.): Fortschritt und Risiko. Zur Dialektik der Verantwortung in (post-)moderner Gesellschaft, Dettelbach 2003, 21-51

**Renn O., Hampel J.** (2001) - Gentechnik, öffentliche Meinung und Ethik,  
in: M. Weber und P. Hoyningen-Huene (Hrsg.): Ethische Probleme in den Biowissenschaften,  
Heidelberg 2001

**Roth S.** (2009) - New for whom? Initial images from the social dimension of innovation. In-  
ternational Journal of Innovation and Sustainable Development 41(4), S. 231-252

**Ruff J.** (1996) - Grüne Gentechnologie. Eine zweite Grüne Revolution? Konstanz 1996, pdf.

**Sachsse H.** (1976) - Der Mensch als Partner der Natur.  
In: Kaltenbrunner G. K. (Hrsg.), Überleben und Ethik. Die Notwendigkeit bescheiden zu wer-  
den. Freiburg 1976

**Sanger F. et al.** (1977) - Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA.  
Nature, (1977) Bd. 265, S. 687-695

**Schell J., Van Montagu M.** (1977) - The Ti-plasmid of *Agrobacterium tumefaciens*, a natural  
vector for the introduction of nif genes in plants?  
Basic Life Sci. 1977

**Spök, A. et al.** (2002) - Toxikologie und Allergologie von GVO-Produkten.  
Umweltbundesamt Wien, Monographien Band 109

**Tierschutzverlag** (2010) - Bio- und Gentechnik an Tieren.  
Tierschutzverlag, Zürich, Broschüre 2010  
<http://www.gentechnologie.ch./pdfs/brosch-zt-pdf>

**TRANSGen** (01.07.2010) - Fragen und Antworten, Gentechnik bei Tieren.  
<http://www.transgen.de/lebensmittel/tiere/1018.doku.html>  
Datenabruf 20.08.2010

**TRANSGen** (01.12.2010) - Gentechnik bei Fischen –Ziele, Projekte, Perspektiven  
<http://www.transgen.de/lebensmittel/tiere/143.doku.html>  
Datenabruf 12.05.2011

**Tröhler U.** (2000) - Asilomar-Konferenz zur Sicherheit in der Molekularbiologie von 1975  
Schweizerische Ärztezeitung, 28/2000

**Vogt M.** (2004) - Genethik: Grüne Gentechnik in ethischer Sicht.  
Vortrag Universität Bayreuth, 19.11.2005  
<http://www.uni-bayreuth.de/forum-kirche-universität/Tagungen/GrueneGentechnik/GenEthik.pdf>

**WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung** (1999) - Globale Umweltveränderungen. Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Jahrgutachten 1999; Springer-Verlag, Berlin 1999

**White L.** (1970) - Die historischen Ursachen unserer ökologischen Krise. In: Lohmann M. (Hrsg.) Gefährdete Zukunft. Prognosen amerikanischer Wissenschaftler, München 1970

**Wikipedia** (02.08.2015) - Rote Biotechnologie.  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Rote\\_Biotechnologie](https://de.wikipedia.org/wiki/Rote_Biotechnologie)

**Wilson E. O.** (1992) - Ende der biologischen Vielfalt? Verlust an Arten Genen und Lebensräumen und die Chance für eine Umkehr. Spektrum, Akad. Verlag, Heidelberg 1992

**Wu R., Taylor E.** (1971) - Nucleotide sequence analysis of DNA. II. Complete nucleotide sequence of the cohesive ends of bacteriophage lambda DNA. Journal of molecular biology 57 (1971) 491-511

## **4 Die Digitale Technologie - Ein Paradigmawechsel? -**

### **4.1 Die moderne offene Gesellschaft**

Für M. MIEGEL (2001) ist die sich abzeichnende Wissens- und Informationsgesellschaft ein gewaltiger „*Paradigmawechsel in der Geschichte der Menschheit*“. Die Wissens- und Informationsabhängigkeit als Strukturmerkmal moderner Gesellschaften wurde jedoch schon früher erkannt. Bereits H. SCHELSKY (1961) charakterisierte die moderne Gesellschaft als „*wissenschaftlich-technische Zivilisation*“. Im angelsächsischen Sprachraum bildete sich der Begriff der „*knowledge-able societies*“ (R. E. LANE 1966; P. F. DRUCKER 1968). Von der Politik wird Wissensgesellschaft und Informationsgesellschaft in der Regel ohne wirkliche inhaltliche Klärung gleichgesetzt und in der Förderung der Informationstechniken eine entsprechende Innovation gesehen (BMBF 1997). Die damit verbundene Unterstellung - mehr Information = mehr Wissen = bessere Handlungsmöglichkeiten - verdrängt allerdings, dass nicht in der Bereitstellung von Information das entscheidende Kriterium liegt, sondern im Umsetzen der Information in sinnvolles verantwortungsvolles verhaltens- und handlungsbezogenes Wissen (W. BONß 2002). Doch bei Fragen zu den Gefahren und Unsicherheiten der Technologien wird trotz allem, gleichermaßen als „*ideologische Überhöhung*“ (J. HABERMAS 1968), immer noch mit entsprechendem Optimismus auf den Glauben an die Wissenschaft und Technik verwiesen, auf ihre Eindeutigkeit und Absolutheit, Lösungsfindung und Berechenbarkeit.

Es ist nicht einfach, diesen Anspruch in einer Zivilisation zu relativieren, die durch die Idee einer wissenschaftlichen Naturbeherrschung und Gesellschaftssteuerung entscheidend geprägt wurde und Fortschritt ausschließlich mit wirtschaftlichem Wachstum gleichsetzt.

*„Wachstum hat sich in gewisser Weise zur Religion unserer Zeit entwickelt und bedarf als solche keine rationalen Begründungen mehr“* (M. MIEGEL 2010). Die als Weiterführung der Aufklärung propagierte Informations- und Wissensanhäufung hat jedenfalls bislang zu keiner besseren Berechenbarkeit der Welt geführt. W. BONß (2002) sieht darin eher eine Selbstgefährdung der Menschheit, die zu einer zunehmenden Skepsis gegenüber dem bislang unbestrittenen Überlegenheitsanspruch der bestehenden Wissenschaft beiträgt. Auch N. STEHR (2000) bemerkt bei modernen Gesellschaften einerseits eine wachsende und vielfach auch irreversible Wissenschaftsabhängigkeit, andererseits zugleich eine Unsicherheit und Selbstgefährdung der Gesellschaft. Immer mehr Fragen innerhalb der gesellschaftlichen Diskussion gelten den Risiken. Die Vernunft, die einst mit der kulturellen Entwicklung entstand (F. v. HAYEK 1983) und eine erklärende und aufklärende Rolle spielen sollte, hat sich in der modernen Welt zu einer selektiven, nutzungsorientierten und fortschrittsgläubigen instrumentellen Vernunft verändert. Diese Herausforderung ist ein ernst zu nehmendes Problem und keine vorübergehende Episode.

Ein entscheidendes Merkmal einer modernen Gesellschaft ist ihre Offenheit. Wie jedes komplexe offene System ist auch die offene Gesellschaft ein Phänomen, dessen Fortbestand nicht selbstverständlich ist. Sie hängt vielmehr von Bedingungen ab, die (wie moralische Legitimation, Bildung, Techniken u.a.) immer wieder intern erneuert und oft auch neu geschaffen und gestaltet werden müssen. Eine offene Gesellschaft ist ein System, das spezifischer struktureller und funktionaler Ausprägungen, Abhängigkeiten und Wirkungs-zusammenhänge bedarf, um trotz Dynamik seine Qualität und Stabilität zu erhalten. Offene Gesellschaften können viel leichter zerstört als aufgebaut werden. Das sollte Grund genug sein, mit den natürlichen und sozialen Grundlagen politisch und intellektuell nicht leichtfertig umzugehen.

Als Strukturmerkmal einer solchen offenen Gesellschaft gilt auch eine aus unterschiedlichen Spannungsfeldern resultierende Unsicherheit. Die Veränderungsbereitschaft und Veränderungen in der Gesellschaft dürfen nicht mehr ausschließlich von staatlichen und ökonomisch- bzw. industriespezifischen Interessen bestimmt werden. Zivilen Organisationen als gesellschaftliche Teilsysteme muss für die Infragestellung und grenzübergreifenden Erkenntnis-, Lern- und Veränderungsprozesse ebenso eine zentrale Rolle zugestanden werden. Diese Strukturierung bedeutet mehr als nur eine einfache gesellschaftliche Ausdifferenzierung und Verselbständigung, sondern eine **wechselnde Zuordnungsdynamik von Autonomie und struktureller Bindung der Teilsysteme im gesamtgesellschaftlichen Zusammenhang**. Von ganz besonderer Bedeutung für den modernen Gesellschaftscharakter aber ist das Verhältnis zwischen unvollständigem Wissen, Entscheidungsnotwendigkeit und Risiken (W. BONß 2002; M. HEIDENREICH 2003). **Moderne Gesellschaften bewegen sich im Spannungsfeld zwischen nationaler Gesellschaft und globaler Gesellschaft, Wissenschaft und lernenden zivilen Organisationen, Ausdifferenzierung und struktureller Kopplung von sozialen Teilsystemen, unvollständigem Wissen und Entscheidungsnotwendigkeit sowie Risiken und Planungsnotwendigkeit.**

## 4.2 Die digitale Gesellschaft

### 4.2.2 Der gesellschaftliche Wandel

Zum Wandel einer Gesellschaft stellt sich in erste Linie die Frage, unter welchen Kriterien eine Gesellschaft den Wandel vollzieht, wie sozialer Wandel erklärt werden kann und welche Faktoren diesen Wandel beeinflussen. Der soziale Wandel selbst wird für unausweichlich und unbedingt notwendig gehalten. Die eigentliche Ursache für die Veränderungen sind dabei nicht außerhalb der Gesellschaft zu finden, sondern bereits in deren Wesen angelegt (H. STRASSER, S. C. RANDALL 1979). Da für LUHMANN die funktionale Differenzierung ein wesentliches Merkmal moderner Gesellschaften darstellt (vgl. R. BURKART 1998) sieht er den Motor des Wandels primär in der Herausbildung der Kommunikationsmittel. Die Hauptphasen menschlicher Entwicklung waren schon immer durch Kommunikationsmittel charakterisiert (Sprache, Schrift, Massenkommunikation). Ohne Kommunikation können Gesellschaften, laut LUHMANN, nicht existieren (R. BURKART 1998). Jetzt aber würden technische Erfindungen zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte - theoretisch - es auch ermöglichen, die gesamte Menschheit an einer gemeinsamen Realität teilhaben zu lassen (ebd.). In der Regel wird die neue Gesellschaftsform Informationsgesellschaft indirekt oder direkt als postmodern oder als Beginn der Moderne beschrieben. Doch es besteht keine einheitliche Vorstellung darüber, was nun unter modern bzw. postmodern zu verstehen ist. (LUHMANN 1990). *„Nur im Medium der Technik werden Menschen und Natur ersetzbare Objekte der Organisation. Die allseitige Leistungsfähigkeit und Produktivität des Apparats, unter den sie subsumiert werden, verschleiern die den Apparat organisierende partikularen Interessen. Mit anderen Worten, die Technik ist zum größten Vehikel der Verdinglichung geworden [...]“* (H. BRUNKHORST, G. KOCH, Einführung zu MARCUSE 1987). Der Mensch ist somit der technischen Entwicklung „ausgeliefert“ und muss sich ihrer bedienen. Für den menschlichen Alltag, das Individuum wie die Gesellschaft, bedeutet dies, dass Information und Kommunikation das Leben der Menschen durch die technische Entwicklung entscheidend beeinflussen und verändern.

### 4.2.2 Die Technologien

In den letzten Jahren kam durch die rasche Ausbreitung digitaler Technologien, die Entwicklung des Internets und die Möglichkeiten zum Aufbau sozialer Netzwerke und Wissensgesellschaften auch die Frage auf, wie dem Problem begegnet werden kann, dass eine Benachteiligung von Menschen, die nicht in gleichem Maße Zugang zu den neuen Technologien haben, verhindert werden kann und ob eine Kluft zwischen Menschen mit Zugang zur digitalen Revolution und Menschen ohne Zugang zu einer neuen Kluft in der Bildung führen kann.

Wenn man von Technologien spricht, geht es nicht nur um einfache Instrumente oder Maschinen, die sozusagen neutral sind. Diese technischen Mittel sind in der Lage, wie jede Technologie, verschiedene Veränderungen in den Kommunikationsmodellen hervorzurufen und damit die menschlichen Beziehungen zu verändern. Die digitale Technologie wird deshalb nicht nur benutzt sondern bestimmt auch die Verhaltensstruktur des Menschen, der sie benutzt, seine Wahrnehmung der Welt, die ihn umgibt und seine Präsenz in Beziehung zu anderen Menschen.

Hier liegt die wahre Neuheit der neuen elektronischen Medien: der Mensch, der sie benutzt, definiert sich um, als personales und soziales Subjekt in Beziehung mit anderen Menschen und mit der neuen Welt (die aus den realen und virtuellen Dimensionen besteht), die sich zu formen beginnt.

**Informations- und Kommunikationstechnik** (Informations- und Kommunikationstechnologie), werden zusammenfassend alle Techniken für technisch gestützte Kommunikation bezeichnet. Die Kommunikationstechniken unterliegen einem enormen Wandel werden mit fließenden Übergängen untereinander immer mehr von Computertechnik und Netzwerktechnik beeinflusst.

**Informationstechnik** ist der Oberbegriff für die Informations- und Datenverarbeitung sowie die dafür benötigte Hard- und Software. Entscheidende Teilgebiete sind die **Rechnertechnik** zur der Konzeption von informationsverarbeitenden Anlagen, also Computern. Diese baut auf der **Digitaltechnik**, die der Verarbeitung wert- und zeitdiskreter Werte und Zahlenfolgen, also von Digitalsignalen dient. Die **Netzwerktechnik** dient dem Zusammenschluss verschiedener, sonst selbstständiger digitaler Einheiten zu einem Verbund.

### 4.2.3 Die digitale Informationsgesellschaft

Der Begriff Informationsgesellschaft wird oft mit dem Begriff der Wissensgesellschaft zusammen verwendet. Ob eine gegenwärtige Gesellschaft als Informations- oder Wissensgesellschaft oder beides bezeichnet werden kann, ist nicht allgemein klar. Häufig werden beiden Begriffe synonym verwendet.

Zur Verdeutlichung des Begriffs Informationsgesellschaft zwei Definitionen:

- Informationsgesellschaft kennzeichnet ein Entwicklungsstadium der Gesellschaft, in dem die Informations- und Kommunikationsdienstleistungen zentrale Bedeutung gewonnen haben (H. KLODT o.J.).
- „Informationsgesellschaft bezeichnet die [...] praktizierte Wirtschafts- und Gesellschaftsform, welche hauptsächlich auf der zunehmend interaktiven Gewinnung, Speicherung, Verarbeitung, Vermittlung, Verbreitung und Nutzung von Informationen und Wissen basiert und in welcher der produktive Umgang mit der Ressource Information und die wissensintensive Produktion eine herausragende Rolle spielen“ (Glossar-BAKOM 2009).

## 4.3 Die Chancen, Probleme und Risiken - Digitale Aufklärung oder digitale Demenz? -

Die Vorstellungen über die Wirkungen der digitalen Technologien und ihrer Produkte reichen vom überschwänglichen Optimismus bis zum Kulturpessimismus.

Digitale Kommunikationstechnologien beeinflussen nachhaltig, was wir mit unserer Zeit anfangen, welchen Wert Privatsphäre hat und wie wir denken. Letztlich lautet die Frage: Wie und in welcher Form werden wir beeinflusst?

Digitale Technik eröffnet enorme Möglichkeiten und ebenso bisher nicht gekannte Risiken. Das eigentliche Problem aber ist der Mensch, ob er sich eigenverantwortlich verhält oder von der neuen Technik ferngesteuert wird, ob er fähig ist, die Vorteile digitaler Technologie zu nutzen und die schädlichen Auswirkungen zu meiden (G. GIGERENZER, 2013).

In den vergangenen 25 Jahren hat sich die Art zu informieren, zu kommunizieren, die Lebensweise dramatisch verändert. Es vollzieht sich eine Revolution, die sich wohl nur mit der Erfindung des Buchdrucks vergleichen lässt.

### 4.3.1 Die Chancen

Die Prognosen über die Veränderung der heutigen Gesellschaft zur digitalen Informationsgesellschaft sehen darin einen enormen Entwicklungssprung mit bisher kaum vorstellbaren Chancen. Dabei spielen Wissenschaft und Forschung für die Veränderung als Treiber und Begleiter des digitalen Wandels eine wichtige Rolle. Dieser wirkt sich massiv auf das soziale Leben, die politischen Prozesse und das wirtschaftliche Handeln aus. Die freie Kommunikation bildet den Katalysator für die Weiterentwicklung der Gesellschaft. Die neuen digitalen Technologien legen ein bisher ungeahntes Potenzial frei. Die freie Kommunikation über digitale Netzwerke ermöglicht der Gesellschaft die klassischen Freiheitsrechte wie die Meinungsfreiheit und die freie Entfaltung der Persönlichkeit zu stärken. Die Digitalisierung durchdringt den Alltag in nahezu allen gesellschaftlichen Bereichen und digitale Technologien sind Voraussetzung und Begleiter neuer Entwicklungen. Informierte Bürger stärken den demokratischen Diskurs, neue Wirtschaftsbereiche entstehen, die zum Wohlstand der Gesellschaft beitragen. Die digitale Revolution führt zu großen Mentalitätsänderungen, besonders durch ihre Auswirkung auf die Kinder- und Jugendkultur. Der kritische Umgang mit modernen Medien, ihre effektive Nutzung und die kreative Gestaltung müssen in Bildungseinrichtungen fest in den Lehrauftrag integriert werden. Die weltumspannende wirtschaftliche, soziale und kulturelle Kommunikation hat bedeutenden Anteil am Prozess der Globalisierung. Digitale Technik (Internet, Mobiltelefon) wird mittlerweile auch von Entwicklungspolitikern und Hilfsorganisationen als Aspekt gesehen, der die Demokratie fördernden Grundbedürfnisse definiert. (U. J. HEUSER 2000; L. ROLKE, J. HÖHN 2008). Der Münchner Kreis hinterfragt mit der Zukunftsstudie 2013 die Bedarfsmuster und Erwartungen der Innovationsfelder der digitalen Welt von übermorgen.

O. URCHS und T. COLE (2013) begründen in ihrem Buch *„Digitale Aufklärung - Warum uns das Internet klüger macht“*, eine entscheidende Voraussetzung für eine zukunftsfähige Entwicklung. Sie wollen *„ganz im Geiste der klassischen europäischen Aufklärung, einen Denkprozesses einleiten und darüber hinaus einen gesellschaftlichen Diskurs anstoßen. Es geht uns darum, das Neue, das wir heute in immer kürzeren Abständen erleben, auch als etwas wirklich Neues zu denken, uns also jenseits herkömmlicher Vorstellungen und Begriffe zu bewegen, um so gerüstet in einen gesellschaftlichen Diskurs eintreten zu können, auch und gerade darüber, ob und wie uns dieses Neue nützlich sein, ob wir es als untauglichen Irrweg besser auf die Müllhalde der Geschichte expedieren sollten“*. Sie sehen den Homo sapiens als *„das Produkt eines jahrtausendlangen Anpassungsprozesses, der natürlich niemals abgeschlossen sein wird“*.

Der erfolgreichen Auseinandersetzung mit dem Thema dienen 10 Thesen (hier stichwortartig verkürzt):

- Was sich digitalisieren lässt wird digitalisiert und das verändert alles.
- Digitalisierung und Vernetzung sind irreversibel.
- Digitale und reale Welt durchdringen sich immer mehr.
- Digitalisierung und Vernetzung schaffen technisch und gesellschaftlich, kulturell und wissenschaftlich neue Bedingungen und Qualitäten.
- Die Kommunikation kehrt, digital und medial, zum interpersonalen Austausch zurück.
- Digitalisierung und Vernetzung führen zu einer dramatischen Beschleunigung von Technologie und Medien.
- Das Leben in einer solchen grundsätzlich anderen Welt wird komplexer, aber nicht komplizierter.
- Der Mensch und sein Denken verändern sich.
- Begriffe und Erfahrungen der analogen Welt werden der dynamisch weiterentwickelnden Gegenwart immer weniger gerecht.
- Wir brauchen eine digitale Aufklärung.

Das zwischen klassischer Logik und mittelalterlicher Scholastik befindlichen Denken befand sich Ende des 18. Jahrhunderts in einer ähnlichen Situation. *„Angesichts dieses klassischen Dilemmas bestand Emanuel Kants Antwort in seiner Maxime <Jederzeit selbst zu denken, ist die Aufklärung>“* (O. URCHS, T. COLE 2013).

## **4.3.2 Die Probleme und Risiken**

### **(1) Die Teilhabe**

Sichtlich wächst die Zahl der älteren Menschen, die das Internet nutzen, seit Jahren. Dem ARD/ZDF-Onlinestudie 2013 zufolge sind z.B. in Deutschland von den 50- bis 59-Jährigen rund 83 % online; bei den Über-60-Jährigen sind es rund 43 %. Und von den Über-70-Jährigen nutzen 30 % das Internet. Eine steigende Tendenz zeigen die Umfragen für den (N)Onliner Atlas 2014 der INITIATIVE D21.

Aber nicht jeder hat Zugang zur digitalen Welt, kann dadurch nicht an diesem sozialen Leben teilhaben, sich informieren und weiterbilden für den privaten oder den kommerziellen Gebrauch. Nutzerunterschiede ergeben sich auch durch die wirtschaftliche Situation der jeweiligen Bevölkerungsteile. Der Besitz digitaler Produkte ist nicht von vornherein selbstverständlich. Eine Divergenz zeigt sich auch in den Einstellungen zu den digitalen Technologie und ihren Produkten. Die Jüngeren sehen weit stärker als die anderen Generationen die Chancen, die das Internet bietet (veröffentlichte Umfrage, Allensbacher-Institut im Auftrag des Bundesforschungsministeriums). Dieses kommt auch mit dem Begriff *Digital Natives* zum Ausdruck, der Personen bezeichnet, die mit digitalen Technologien wie Computern, dem Internet, Mobiltelefonen und MP3-Player aufgewachsen sind (E. WINDISCH, N. MEDMAN 2008).

## (2) Die Gesundheit

Genau genommen gibt es für alle erworbenen Krankheiten nur drei mögliche Ursachen:

- Ernährungsfehler (durch Überfluss oder Mangel und Fehler vom Anbau bis zum Verzehr...)
- Schadstoffeinwirkungen (über Luft, Ernährung, Kontakt, Strahlungsarten...).
- belastende Lebenssituationen (Mikroben, Stress, Überforderungen, Medikamente, Behandlungen, Fehlbehandlungen, Unfälle...)

(SYMPTOME.ch. 2010).

Stress am Arbeitsplatz durch digitale Technologien und Produkte ist ein ernstzunehmender Risikofaktor für die psychische und physische Gesundheit. Aber auch Einsamkeit macht Menschen krank und führt zu Erkrankungen physischer Art und psychische Störungen. Es besteht offenbar eine solide Evidenz für einen multidimensionalen Zusammenhang zwischen ungünstigen psychosozialen Situationen und hoher psychischer Belastung. Unterschieden werden zwei Formen von Einsamkeit: Die **emotionale Einsamkeit** zeigt sich, wenn eine bislang engvertraute Bezugsperson, ein Partner fehlt. Die **soziale Einsamkeit** dagegen verweist darauf, dass es grundsätzlich an sozialen Beziehungen mangelt. Die neuen Techniken und Medien verleiten zu einer Vernachlässigung der realen gegenüber der virtuellen Welt. Wird die Nutzung solcher Technologien und Produkte zur Sucht, dann geht die Beziehung zur realen Welt verloren. Das Hirn ist das Organ mit Seele. Die dabei ablaufenden molekularen Prozesse bilden die Basis für Phänomene wie Lernen und Gedächtnis, Individual- und Sozialverhalten und bestimmen damit auch Persönlichkeit und Seelenleben.

## (3) Die Bildung

Digitale Kommunikationstechnologien beeinflussen nachhaltig, was wir mit unserer Zeit anfangen, welchen Wert Privatsphäre hat und wie wir denken. Sie beeinflussen und verändern geistiges Leben. Befunde zeigen zwar eine Veränderung der Lernkultur dahingehend, indem Schülerinnen und Schüler stärker eigenaktiv tätig sind, oftmals vermehrt kooperativ lernen und Lehrpersonen mehr individuell beraten und unterstützen (R. SCHULZ-ZANDER 2005).

Digitale Medien bieten Eigenschaften, die grundsätzlich in gewinnbringender Weise für Lernprozesse genutzt werden können, finden aber nicht automatisch auch Anwendung bzw. Umsetzung. Denn der Einsatz digitaler Medien im Unterricht ist nicht zuletzt von den finanziellen Möglichkeiten abhängig sowie von der Erwartungshaltung und Bedeutung, die ihnen von den schulischen Akteuren zugemessen wird. Die Finanzierung ist unzulänglich und die Wichtigkeit der Arbeit mit dem Computer sowie die gesellschaftlichen Bedeutung für das Alltags- oder Berufsleben sind subjektive Einschätzungen.

Der Lernerfolg selbst hängt ganz wesentlich von einigen Variablen ab:

- der Akzeptanz,
- der Selbstlernfähigkeit,
- der Abbruchquote

(M.KERRES 2003).

*„In der Schweiz und in Deutschland korreliert Bildungserfolg zudem sehr stark mit der sozio-ökonomischen Herkunft (Bildungsbericht 2010). Das heißt, die Leistung einer Schülerin oder eines Schülers wird nicht durch die Qualität des erlebten Unterrichts oder die eigenen Fähigkeiten bestimmt, sondern auch durch den Status der Familie, besonders der Eltern. Wie bildungsnah oder bildungsaffin sie sind und wie groß ihr sozialer und wirtschaftlicher Status ist, bestimmt in einem hohen Maß, wie gut die Leistungen von Schülerinnen und Schülern sind“ (P. WAMPFLER 2013).*

Eine andere, wenn auch überspitzte, mit Schwächen versehene, doch äußerst diskussionswerte Sicht, vermittelt M. SPITZER (2012) in seinem Buch *„Digitale Demenz - Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen“*.

Seine Argumente sind:

- Es gibt keinen Beleg, dass digitale Technik lernen fördert.
- Was wir nachschlagen können, wird weniger gut gespeichert.
- Die Nutzung digitaler Medien erfordert Expertenwissen.
- Digitale Medien verhindern den Aufbau einer Problemlösungskompetenz.
- Digitale Medien verhindern eine hinreichend große Verarbeitungstiefe.
- Digitale Medien vergrößern die soziale Kluft.
- Computer verbessern schulische Leistungen, aber nur wenn sie dosiert eingesetzt werden.
- Der Gebrauch digitaler Medien beeinflusst die Entwicklung des Gehirns.
- Soziale Netzwerke schaden dem Aufbau sozialer Kompetenz.
- Der Gebrauch digitaler Medien macht Menschen krank.

Das alles macht Spitzers Aussagen zwar von vornherein nicht falsch. Aber es gibt den Anschein, als schrecke der Autor davor zurück, dass einige seiner Thesen auch falsch sein könnten. *„Die Befürchtungen Spitzers sollten aber im Auge behalten werden. Aber es sind Befürchtungen, nicht Einsichten“* (Rezension: Manfred Spitzer - Digitale Demenz, 2012).

#### **(4) Das Vertrauen**

Vertrauen ist eine wichtige Bedingung - privat, geschäftlich, gesellschaftlich und politisch. Doch in einer digitalen Welt ist das Vertrauen in Frage gestellt. Der Gegenüber ist nur noch bedingt greifbar, Informationen und Daten sind berechtigter und unberechtigter Weise abrufbar. Überwachungsfreie Räume existieren nicht und die Hoheit über die eigenen Daten im Computer- und Internetzeitalter ist Abhandengekommen. Die Technologien und Praktiken von Personen, Firmen und Geheimdiensten (umfassendes Auspionieren von Einzelpersonen bis zur Wirtschafts- und Politikspionage) belegen das in erschreckender Weise. Die Sicherheit der Kommunikation und des Datenaustauschs ist damit nicht mehr gegeben, das Umfeld ist nicht mehr sicher und zuverlässig, Datenschutz kann nicht gewährleistet werden.

#### **(5) Die instrumentelle Abhängigkeit**

Die instrumentelle Abhängigkeit der Gesellschaft von der digitalen Technologie und ihren Produkten birgt das größte Risiko. Im Falle der digitalen Technologie besteht das Risiko in

der umfassenden Durchdringung und zentralen Abhängigkeit der Funktionen aller gesellschaftlichen Teilsysteme. Ihr Ausfall ist ein GAU. **Risikotechnologien** sind großtechnische Unternehmungen, denen ein hohes Katastrophenpotenzial zugeschrieben werden muss. Die Risiken sind aufgezwungen, ungleich verteilt und nur unzureichend kontrollierbar.

## Literatur und Internet

**BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung** (1997) - Innovationen für die Wissensgesellschaft. Förderprogramm Informationstechnik.  
Bundesdruckerei, Bonn 1997

**Bonß W.** (2002) - Riskantes Wissen? Zur Rolle der Wissenschaft in der Risikogesellschaft.  
In: Heinrich-Böll Stiftung (Hrsg.); Gut zu Wissen. Verlag Westfälisches Dampfboot 2002.  
<http://www.wissensgesellschaft.org./themen/risiko/iskanteswissen.pdf>.

**Brunkhorst H., Koch G.** (1987) - Herbert Marcuse zur Einführung.  
Hamburg 1987

**Burkart R.** (1998) - Kommunikationswissenschaft.  
Verlag: Böhlau Wien 1998

**Drucker P. F.** (1968) - The Age of Discontinuity. Guidelines to our Changing Society.  
Harper Row, New York 1968

**Gigerenzer, G.** (2013) - Risiko. Wie man die richtigen Entscheidungen trifft.  
München: C. Bertelsmann Verlag.

**Glossar-BAKOM** (26.02.2009)  
<http://informationsgesellschaftschweiz.wordpress.com/2009/03/01/einleitung-ins-thema/>;

**Habermas J.** (1968) - Technik und Wissenschaft als Ideologie.  
Suhrkamp, Frankfurt/a.M. 1968

**Hayek F .v.** (1983) - Die überschätzte Vernunft.  
In: Riedl R.J., Kreuzer F.(Hrsg.), Evolution und Menschenbild. Hoffmann u. Campe, Hamburg 1983

**Heidenreich M.** (2003) - Die Debatte um die Wissensgesellschaft.  
In: Böscher St., Schulz-Scheffer I. (Hrsg.), Wissen in der Wissensgesellschaft.  
Westdeutscher Verlag, Opladen 2003  
[http://www.sozialstruktur.uni-oldenburg.de/dokumente/wissensgesellschaft\\_2002.pdf](http://www.sozialstruktur.uni-oldenburg.de/dokumente/wissensgesellschaft_2002.pdf)

**Heuser U. J.** (2000) - Tausend Welten. Die Auflösung der Gesellschaft im digitalen Zeitalter.  
Berlin Verlag, 2000. ISBN 3-8270-0208-7

**Kerres M.** (2003) - Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung.  
In: R. K. Keill-Slawik, M. (Ed.), Education Quality Forum. Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien. Münster: Waxmann

**Klodt H.** (o.J.) - Informationsgesellschaft.  
GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON

**Lane E.** (1966) - The decline of politics and ideology in a knowledgeable society.  
American Sociological Review 31, 1966

**Luhmann N.** (1990) - Die Wissenschaft der Gesellschaft.  
Frankfurt /M. Suhrkamp 1990

**Münchener Kreis** (2013) - Innovationsfelder der digitalen Welt.  
Bedürfnisse von übermorgen.  
Zukunftsstudie MÜNCHNER KREIS Band V, 2013  
<http://www.zukunft-ikt.de>

**Miegel M.** (2001) - Die deformierte Gesellschaft. Wie die Deutschen ihre Wirklichkeit verdrängen.  
Propyläen, Berlin 2001

**Miegel M.** (2010) - Exit - Wohlstand ohne Wachstum.  
Propyläen, Berlin 2010

**(N)online Atlas** 2014  
Initiative D 21  
<http://www.initiaved21.de/portfolio/nonliner-atlas/>

**Rezension: Manfred Spitzer** (2012) - Digitale Demenz, 22. August 2012,  
<http://schulesocialmedia.com/tag/manfred-spitzer/>

**Rolke L., Höhn J.** (2008) - Mediennutzung in der Webgesellschaft 2008: Wie das Internet das Kommunikationsverhalten von Unternehmen, Konsumenten und Medien in Deutschland verändern wird.  
BoD - Books on Demand, 2008,

**Rolke I., Höhn J.** (2008) - Die Zukunftsstudie 2013.  
Münchener Kreis, Bd. IV, 2013

**Specht D.** (o.J.) - Technologie  
GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON

**Schelsky H.** (1961) - Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation.

Westdeutscher Verlag , Köln 1961

**Schulz-Zander R.** (2005) - Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien im Unterricht.  
In: Hubert Kleber (Hrsg.): Perspektiven der Medienpädagogik in Wissenschaft und Bildungs-  
praxis München 2005, Verlag: kopaed verlags gmbh

**Spitzer M.** (2012) - Digitale Demenz, Wie wir uns und unseren Kindern um den  
Verstand bringen.  
Verlag Droemer 2012

**Stehr N.** (2000) - Die Zerbrechlichkeit moderner Gesellschaften.  
Velbrück, Weilerswist 2000

**Strasser H., Randall S. C.** (1979) - Einführung in die Theorien des sozialen Wandels.  
Luchterhand Verlag 1979

**Symptome.ch.** (2010) - Krankmacher.  
<http://www.symptome.ch/wiki/Krankmacher>. Linkprüfung: 09.11.2010.

**Urchs O., Cole T.** (2013) - Digitale Aufklärung. Warum uns das Internet klüger macht.  
C. Hanser Verlag, München

**Wampfler Ph.**(2013) - Social Media und Chancengerechtigkeit in der Bildung (1. Juli 2013)  
Chancen, Erziehung, Schulentwicklung, Wissenschaft

**Windisch E., Medman N.** (2008) - Understanding the digital natives.  
In: Ericsson Business Review. 1/2008