

A. Technikkompetenzen und Literacy

A.1 Technik und Technikkompetenzen

Technik bildete zusammen mit dem sprachlichen und dem philosophisch-religiösen Komplex die drei Grundpfeiler jeder menschlichen Kultur. In unserer abendländischen Kultur kamen spätestens seit der Aufklärung die Naturwissenschaften als das alles verbindende und erklärende Netzwerk hinzu, das uns über Technikanwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen unzählige Vorteile bei der Überlebensführung verschaffte. Wie die biologische Verhaltensforschung gezeigt hat, beschränken sich die kulturellen Fähigkeiten des Technikererbs und deren Weitergabe nicht auf menschliche Kulturen, sondern werden bei sozial lebenden Tierarten häufig beobachtet; sie scheinen eine unabdingbare Selbstverständlichkeit zu sein, damit soziale Strukturen bei Tieren überhaupt gewinnbringend entstehen und sich behaupten können. Ein für uns Lehrpersonen wichtiger Punkt ist der Mechanismus der Weitergabe der Technikanwendung gerade bei tierischen Kulturen; sie findet immer in einer emotionalen Kind-Erwachsenen-Beziehung statt.¹ Handlungstechniken, sogenannte Methoden, und Werkzeugtechniken werden oft als unterschiedliche Fähigkeiten gesehen, obschon sie sich methodisch und biologisch nicht unterscheiden.² Da die Fähigkeiten, Technik zu entwickeln, weiterzugeben und zu erlernen, schon bei Tieren verankert sind, müssen technikbezogene physiologische Äquivalente sehr tief im menschlichen Gehirn lokalisiert und verankert sein. Diese sind mit familienbezogenen und deshalb oft emotionalen Strukturen vernetzt. Arbeiten mit bildgebenden Methoden haben gezeigt, dass entsprechend den Erfolgserwartungen eine technische Situation zu bewältigen, entweder Belohnungszentren („Ich kann es“) oder Zentren des Kontrollverlusts und der Angst („Ich werde es nicht können“) aktiviert werden.³ Die familiäre Kopplung des Technikverständnisses hat eine grosse Bedeutung für den Technikunterricht in der Schule, sind technische Konzepte vorschulisch doch bereits festgelegt und teilweise mit emotionalen Gedächtnisinhalten verknüpft. Derart verankerte Konzepte sind deshalb für nachhaltige Bildung eher schwierig zu erreichen. Ob sie veränderbar sind, hängt von der emotionalen Verankerung und der Form und Stärke der für die Einleitung eines Konzeptwechsels eingesetzte Störung ab. Auf jeden Fall dürfen die Methoden nicht überfordern oder langweilen, andernfalls würden die Ängste nur gestärkt. Dadurch würde das viel beobachtete Phänomen «Wer hat, dem wird gegeben, doch wer wenig hat, dem wird auch das noch genommen» genährt.⁴

¹ Meist Kind-Mutter-Beziehung, oft Tochter-Mutter-Beziehung. Aber auch als Mann-Kind-Beziehung, wie das Beispiel des Schimpansenwaisen Oscar aus einer frei lebenden Schimpansensippe im gleichnamigen Dokumentarfilm zeigt. Das Waisenkind Oscar wurde vom nicht verwandten Alphamännchen der Sippe «adoptiert» und in die 5000 Jahre alte Technik des Nüsseknackens eingeführt. Zudem zeigt ihm das alte Alphamännchen all das Andere für das Überleben der Sippe notwendige Wissen (Trailer unter Schimpansen: Disney Movie International, 2013).

² Betrachtet man die beiden Technikarten, so sind Gemeinsamkeiten das Subjekt betreffend grösser als die Unterschiede. Der Erwerb verläuft bei beiden kulturbedingt über soziale Vererbung, die Ausgestaltung ist bei beiden abhängig von den Problemen, die die Umwelt den Protagonisten zum Lösen bereithält. Es scheint zudem als sicher, dass bei Methoden wie der Jagd im Rudel bei Wölfen oder Löwen nicht leblose Zweige oder Schwämme als Werkzeuge gebraucht werden, sondern lebende Sozialpartner, die sich gegenseitig als Werkzeuge einsetzen. Die Methoden unterliegen den identischen Aneignungs- und Optimierungsprozessen, die wir auch bei werkzeugorientierten Techniken finden.

³ Erwartet der Proband Erfolg, werden schon beim Betrachten des Problems Belohnungszentren (caudate nucleus and anterior cingulate cortex) aktiviert. Fühlt sich der Proband aber unfähig, so sind das die Zentren für Kontrollverlust und Angst (Dimoka, Angelika and Davis, Fred D., "Where Does TAM Reside in the Brain? The Neural Mechanisms Underlying Technology Adoption" (2008): ICIS Proceedings. Paper 169. <http://aisel.aisnet.org/icis2008/169>). Die unterschiedlichen Primärreaktionen münden auch in sehr unterschiedliche Sekundäraktivierungen mit zum grössten Teil konträren Handlungsergebnissen. Im einen Fall wird ein Explorations- im anderen ein Vermeidungsverhalten ausgelöst.

⁴ Eine Untersuchung der Wirkung von explizitem und reflexivem Technikunterricht zeigte Resultate in diese Richtung. Starke Probanden wurden besser, schwache büssten dagegen etwas von ihren Fähigkeiten ein.

Technik wird über ihre Anwendung (applikative Aspekte), ihren Nutzen (finale Aspekte), ihre Wirkung (konsekutive Aspekte), aber weniger über ihre theoretische Beschaffenheit (explanative Aspekte) definiert. Die Auffassung bei Technik handle es sich um angewandte Naturwissenschaft ist viel zu eng, der Historie geschuldet und dadurch wohl veraltet.⁵ Technik wenden wir an, ohne auch nur einen Schimmer von deren Funktionsweise zu haben; dies ist auch oft nicht mehr möglich, meist nicht nötig oder kann sogar hinderlich sein, wie eine Studie betreffend Anwendung der Vollbremsung in Notsituationen gezeigt hat.⁶

A.2 Lehrplan 21 – Natur und Technik

Lehrplan 21: «In der *Perspektive Natur und Technik* erschliessen sich den Schülerinnen und Schülern die belebte und unbelebte Natur mit ihren Funktionsweisen und Gesetzmässigkeiten. Sie bauen dabei sowohl physikalische, chemische und biologische als auch allgemein naturwissenschaftlich-technische Kompetenzen auf. Durch den naturwissenschaftlichen Unterricht sollen Phänomene aus Alltag und Technik besser verstanden und eigene Erfahrungen mit der Umwelt erklärt werden können. In der Auseinandersetzung mit Phänomenen und **technischen** Objekten erlernen die Kinder und Jugendlichen zudem typische Handlungsweisen: Sie beobachten, beschreiben, fragen, vermuten, messen, untersuchen, experimentieren, konstruieren und ziehen Schlüsse. Dabei sind sowohl die direkte Begegnung und die Erklärung der Phänomene als auch die Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für technische Anwendungen von Bedeutung. Diese Verknüpfung von Naturwissenschaften und Technik bildet die Grundlage für ein ausbaufähiges **Technikverständnis.**»

LP 21: Bereich Bedeutung und Zielsetzung MNG (<http://vorlage.lehrplan.ch/index.php?nav=160%7C20&code=e%7C6%7C2>)

Der Begriff «Technik» kommt im Text in den Perspektiven inhaltlich ganze zwei Mal vor. In den didaktischen Hinweisen über **Natur und Technik** sucht man den Begriff dagegen vergebens. Doch Technik wird im applikativen Fächerkomplex «Textiles und technisches Gestalten» ausführlich behandelt. Dies widerspiegelt die problematische Auseinandersetzung des Technikbegriffs im deutschsprachigen Raum. Die theoretische Auseinandersetzung wird der praktischen Erfahrungswelt hintangestellt, was auch schon in der Wendung «Technik begreifen» schön zum Ausdruck gebracht wird. Die Fokussierung auf die applikativen Aspekte des Technikunterrichts führen wohl dazu, dass Technik als wenig verständlich erlebt wird.

Aus diesem Grund möchte ich mich hier auf den angelsächsischen Raum abstützen, wo Technik als eigenständiges Fach unter dem Begriff «Technology» verstanden wird und theoretische sowie applikative Aspekte integrativ behandelt. Dadurch können Schülerinnen und Schüler den maximalen Nutzen aus ihren praktischen Erfahrungen für ihre Bildung ziehen, eine Notwendigkeit für ein Fach wie MINT.

⁵ Seit der Aufklärung verwendet die Technikentwicklung die Erkenntnisse der naturwissenschaftlichen Gesetze. Dies muss aber nicht so sein, wie das Beispiel von vorwissenschaftlicher Technikentwicklung in der Natur und der langen menschlichen Geschichte zeigt. Aus persönlicher Erfahrung weiss ich aber, dass viele gute Naturwissenschaftler oft über eine fürchterlich schwache «Technological Literacy» verfügen.

⁶ Landerl, Christian et al. (2012): Bremsverhalten und Bremsen von Einspurfahrzeugen in Bremsenhandbuch, Vieweg+Teubner Verlag, 227.

In der Unterrichtseinheit «Energie macht mobil» wird das Verständnis der Technikkonstruktion (Engineering) als zentraler Punkt zur Erlangung und Stärkung der Technological literacy⁷ angewendet. Das Kompetenzfeld «Understanding of Design» steht im Zentrum der Einheit und wohl eines jeden tieferen Technikverständnisses. Für alle Lehrpersonen ist die Kenntnis der tieferen Zusammenhänge (Nature of Science: NoS) fundamental, um erfolgreich unterrichten zu können. Deshalb muss das eigene Verständnis vom Wesen der Technik und Technologien als Ausgangspunkt für die Lehrkräfte dienen (siehe 5.B *Physikalisches Grundwissen.pdf*). Der Bereich Konstruktion ist mittels des «Explore-it» Ansatzes gut zu erschliessen und beinhaltet folgende vier Aspekte des Designs.

- Eigenschaften des Konstruktionsprozesses (*attributes of design*)
- Gestaltung der Konstruktion (*engineering design*)
- Prozess der Fehlererkennung und Behebung, Forschung und Entwicklung, Erfindungen und Veränderung (Neuerung) und die Rolle des Experimentierens zur Problemerkennung, Analyse und Behebung (*the role of troubleshooting, research, and development, invention and innovation, and experimentation in problem solving*).
- Anwendung des Konstruktionsprozesses (*applying the design process*).

In den «International Standards for Technological Literacy» wurden alle Kompetenzen ausformuliert. Sie decken sich inhaltlich teilweise mit den Kompetenzen im Lehrplan 21. Aus diesem Grund verwende ich hier die internationalen Standards (<http://www.iteea.org/File.aspx?id=67767&v=691d2353>) und ihre von mir erstellte Übersetzung des Kompetenzbereichs Design auf den nächsten Seiten.

⁷ *Technological Literacy*: Für den Begriff *literacy* ist kein gebräuchlicher deutscher Begriff bekannt. Deshalb verwende ich hier den englischen, auch weil diesem Begriff mit «*literate*» für belesen und «*capacity*» für befähigt das Wesentliche enthalten ist, was für das deutsche Wort «Grundbildung» nicht annähernd zutrifft. Zudem fehlt im Deutschen ein adäquates Wort für «*technology*»; deshalb werde ich den englischen Begriff verwenden.

A.3 Kompetenzbereiche der Klassenstufe 10 und 11: Technology

A.3.1 Nature of Technology: Die Lernenden entwickeln ein Verständnis für die Natur der Technik und ihrer Wissenschaft. Dieses beinhaltet folgende Punkte:

- Die Wesenheit und Bedeutung der Technik und einzelner Technologien {TTG3A-C}
- Die Grundkonzepte der Technik und einzelner Technologien {TTG2B}
- # Die Beziehungen zwischen den Technologien untereinander sowie zwischen Technik und Wissenschaften, insbesondere der Naturwissenschaften {im LP21 nicht erwähnt}

A.3.2 Technologie und Gesellschaft:

- # Der Einfluss der Technik und der Technologien auf Kultur, Gesellschaft, Wirtschaft und die politischen Entscheidungsprozesse {TTG3C}
- Einflüsse der Technik und einzelner Technologien auf die nähere und globale Umwelt {im LP21 nicht erwähnt}
- Die Rolle der Gesellschaft bei Entwicklung, Gebrauch und Einschätzung der Technik und einzelner Technologien {TTG2B}
- # Der Einfluss der Technik auf die geschichtliche Entwicklung und umgekehrt {TTG3A}

A.3.3 Designprozess: Die Lernenden entwickeln ein Verständnis für den Gestaltungs- und Konstruktionsprozess der Technik {TTG2A, TTG3B}

- # Die Eigenschaften des Gestaltungsprozesses der Technik und der einzelnen Technologien (*engineering design*) {TTG2D}
- # Die Eigenschaften des Konstruktionsprozesses (*design attributes*) {TTG2D}
- # Die Rolle der Fehlererkennung, Fehleranalyse und Fehlerbehebung bei Entwicklung und Anwendung (*troubleshooting*) {im LP21 nicht erwähnt}
- # Die Rolle von Forschung und Entwicklung, sowie von Erfindung (*kreation*) und Neuerung (*innovation*), als auch des Experimentierens bei der Problemlösung. {im LP21 nicht erwähnt}
- # Die Bedeutung der Teamarbeit bei allen Teilschritten eines modernen Designprozesses {im LP21 nicht erwähnt}
- # Die Bedeutung des geschichtlichen und gesellschaftlichen Umfelds für Innovation und Erfindungen {TTG3A}

A.3.4 Technologische Fähigkeiten: Die Lernenden entwickeln Fähigkeiten, um in einer technologischen Welt zu bestehen. Dazu müssen sie in folgenden Punkten befähigt werden:

- # Anwendung des Designprozesses {TTG2A}
- Gebrauch und Unterhalt von Apparaten {TTG2B, TTG2D}
- Bewertung und Einschätzung der Auswirkung technischer Produkte und Systeme {TG1A}

A.3.5 Technologien: Die Lernenden entwickeln ein Verständnis für die gestaltete Welt der folgenden Schlüsseltechnologien:

- Medizin, Biologie, Energie und Leistung, Information und Kommunikation, Transport, Maschinen und Bau, Fertigungstechnologien {im LP21 nicht erwähnt}

Im Modul «Energie macht mobil» geförderte Kompetenzbereiche.

A.4 Ausformulierte Inhalte des Kompetenzfelds «A.3.3 Designprozess»

A.4.1 Gestaltung der Konstruktion (*engineering design*)

- **Der iterative Prozess der Konstruktion beinhaltet einzelne Teilschritte**, die sich zu unterschiedlichen Sequenzen aneinanderreihen und sich bei Bedarf auch wiederholen können. Dies macht den Prozess einzigartig für jedes Problem und variiert meist von Person zu Person oder von Gruppe zu Gruppe.
- **«Brainstorming» als Ausgangspunkt des Gruppenprozesses zur Problemlösung kann sehr wichtig sein.** In dieser Phase sind Wertungen und Kommentare schädlich für den Prozess. Nach dem Gruppenprozess zieht sich jede Person zurück und ordnet alle Vorschläge ein.
- **Erstellen, Testen, Beurteilen und Verändern sind Vorgänge, um Ideen in echte Produkte zu transformieren.** Ursprünglich stammt dieses Vorgehen aus der Erforschung von physikalischen Zusammenhängen in Schule und Forschung zwecks der Modellierung einer nicht direkt zugänglichen Wirklichkeit. Reale Modelle spielen als Prototypen in der Technik eine wichtige Rolle, bilden reale Modelle doch viele Aspekte der Wirklichkeit in einer handlichen messbaren Form ab. Gerade während des Konstruktionsprozesses sind geeignete reale Modelle nicht nur notwendig, um Kosten und Zeit zu sparen, sondern auch um einzelne Teile in ihrem isolierten Zusammenspiel sichtbar zu machen. Testen und Beurteilen sind die Werkzeuge, um das gewählte Design zu bewerten und um mögliche Verbesserungen zu identifizieren. Die Methoden umfassen das ganze Spektrum zwischen äusserer Inspektion und detailliertem Vermessen.
- **Bekannte Prinzipien der Gestaltung werden verwendet, um eine existierende Konstruktion zu bewerten, um Daten zu sammeln und um den Prozess der Gestaltung einer Konstruktion zu steuern.** Diese Konstruktionsprinzipien beinhalten Anpassungsfähigkeit der Konstruktion (Flexibilität), Ausgewogenheit, Funktionalität und Proportionalität. Diese Prinzipien sind bei Technikapplikationen und Technologien anwendbar.
- **Die Qualität einer jeden Gestaltung wird durch die persönlichen Fähigkeiten bestimmt.** Diese beinhaltet unter anderem Kreativität, Ideenvielfalt, Vorstellungsvermögen, abstraktes und analytisches Denken. Personen mit diesen Fähigkeiten haben die Möglichkeit, unterschiedliche Lösungen eines Problems zu erarbeiten. Gut funktionierende Teams, die aus unterschiedlichen Menschentypen zusammengesetzt sind, erreichen über kreative Zusammenarbeit meist bessere Resultate als Einzelpersonen oder homogen zusammengestellte Arbeitsgruppen.
- **Ein Prototyp ist ein Arbeitsmodell, das es ermöglicht, eine Konstruktionsgestaltung im Kleinen zu testen und zu bewerten.** Prototypen als funktionelle Modelle sind absolut unverzichtbar, um einen iterativen Prozess durchzuführen, der punktuelle Verbesserungen hervorbringen soll. Zudem können im Prototyp verschiedene Einzelkomponenten und ihr Zusammenspiel getestet und optimiert werden.

- **Alle Konstruktionsprozesse beziehen auch einschränkende Faktoren mit ein.** Diese da wären Sicherheit, Zuverlässigkeit, Finanzierbarkeit, Qualitätskontrolle, Umweltanliegen, Realisierbarkeit, Reparaturmöglichkeiten, Angepasstheit an die Faktoren Mensch und Zeit.

A.4.2 Eigenschaften des Konstruktionsprozesses (*attributes of design*)

- **Der Konstruktionsprozess ist ein kreativer Planungsprozess,** der zu sinnvollen Produkten und Systemen führt. Dabei wird unabhängig vom angestrebten Produkt meist in Teams gearbeitet.
- **Es existiert keine perfekte Konstruktion in der Technik.**⁸ Deshalb kann jeder Aspekt einer Konstruktion immer verbessert werden. Solche Verbesserungen basieren meist auf den kreativen Ideen einer ganzen Gruppe.
- **Die Ausgestaltung des Konstruktionsprozesses ist limitiert.** Sie wird erstens durch die zu erfüllende Aufgabe bestimmt und zweitens durch verschiedene oft die Funktionalität konkurrenzierende Einschränkungen limitiert, die da wären: Platzbedarf, Kostendach, Zugänglichkeit zu Materialien und zeitliche Termine.
- **Ein Konstruktionsprozess ist ein systematischer iterativer Prozess, in dessen Verlauf Probleme bestimmt und gelöst werden.** Damit werden Innovationen gefördert und Lösungen für Probleme erarbeitet. Der Prozess beinhaltet folgende Schritte: Problemdefinition, Brainstorming, Recherchen und Ideenfindung, Kriterienanalyse und Definition von Einschränkungen, Exploration möglicher Konstruktionsansätze, Erarbeitung eines Konstruktionsvorschlags, Herstellung eines Prototyps, Testen und Bewerten der Konstruktion des Prototyps anhand vorrangig bestimmter Kriterien, Verfeinerung der Konstruktion, Herstellung des finalen Produkts, die Beschreibung des durchgeführten Prozesses und der erreichten Resultate.
- **Konstruktionsprobleme und deren Lösung offenbaren sich nur sehr selten in einer klar umrissenen Form.** Deshalb gibt es keine perfekte, sondern nur eine möglichst optimale Konstruktion. Eine optimale Lösung beinhaltet auch viele sogenannte weiche Kriterien, wie individuelle, familiäre, kulturelle, ökonomische, ethische und politische Aspekte.
- **Eine Konstruktion muss laufend geprüft, kritisiert und entsprechend überarbeitet werden.** Jede Konstruktion steht im Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Situation und den technischen sowie menschlichen Möglichkeiten. Sobald sich einer dieser Punkte verändert, müssen Konstruktionen angepasst werden. Dies ist eine der Triebfedern der technologischen Entwicklung und nicht der Erfindung von grundlegend Neuem.

⁸ Ähnlich der Evolution, die Konstruktionen hervorbringt, die nicht das Maximum, sondern das funktional-materielle Optimum in einem gegebenen zeitlichen und ökologischen Umfeld verkörpern. Der Prozess der Konstruktion kennt sehr viele Parallelen zum Evolutionsprozess, werden doch Änderungen eingeführt, Dinge produziert und deren Funktion an der Wirklichkeit getestet und weiterentwickelt oder verworfen.

A.4.3 Fehlerbehebung (*troubleshooting*): Rolle der Fehlererkennung, Fehleranalyse und Fehlerbehebung bei Entwicklung und Anwendung

- **Der Prozess der Problemlösung bei bestehenden technischen Systemen benötigt spezifische Kenntnisse der Art des Problems, der Funktionsweise der Technik und des Interaktionsfelds Mensch–Technik.** Fehlfunktionen von bestehenden technischen Systemen werden oft durch den Defekt einer einzelnen Komponente verursacht, sind also eng definierte Probleme, sogenannte formale Probleme. Zum Beispiel kommt die häufigste Fehlfunktion einer Computermouse dadurch zustande, dass sie nicht mehr mit dem Computer verbunden ist, etwa weil die Stromversorgung erlahmt (Akku) oder der Stecker des Verbindungskabels nicht eingesteckt ist. Solche formalen Probleme lassen sich am effektivsten mittels analytischer systematischer Problemlösungsstrategien beheben. Weil Technik durch Menschen ihre Anwendung findet, können Probleme häufig nicht vollständig bestimmt werden, sind also wenig definierte oder offene Probleme (ill-defined or informal problems). Um diese Probleme optimal anzugehen, hat sich ein Mix aus empathisierenden und systematisierenden Problemlösungsstrategien als sehr erfolgreich herausgestellt. Diese Strategien haben den Vorteil, dass sie den Menschen miteinbeziehen können. Dabei werden keine einfachen Lösungen, sondern Lösungsfelder mit unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten und den dahin führenden möglichen Lösungswegen aufgezeigt. Die häufigste Ursache für gravierende Fehler bei der Technikentwicklung sind Fehler in der Zuteilung eines Problems zu den beiden Kategorien formales versus informales Problem.
- **Nicht alle durch den Menschen hervorgerufene Probleme können durch reine technische Lösung behoben werden.** Der Anspruch, alle möglichen Bedürfnisse und Wünsche des Menschen durch die Anwendung von Technik zu erfüllen, ist nicht realisierbar. Viele durch den menschlichen Konsum entstandene Probleme können nur über Verhaltensänderungen der Konsumenten und unter Einsatz der Technik verkleinert oder gelöst werden. Die **Verhinderung** von Problemen basiert immer auf einsichtigem Verhalten, die **Behebung** von schon aufgetreten Problemen wird zusätzlich durch den Einsatz von Technik erreicht. Auch im Feld der Krankheitsbekämpfung wird bei der Prophylaxe auf Einsicht und weniger auf den Einsatz von Technik vertraut. Dagegen findet die Technik bei der Früherkennung, dem Erstellen eines Befunds und bei der Diagnosestellung sowie bei manchem Heilungsprozess eine breite Anwendung.
- **Mögliche Lösungswege vieler technischer Probleme und Aufgabenstellungen werden über einen multidisziplinären Ansatz aufgezeigt.** Je nach Problemart und Fragestellung sind unterschiedlichste Fähigkeiten und variantenreiches Wissen bei der Zieldefinition und Lösungsfindung beteiligt. Um diese Breite zu ermöglichen, werden in den meisten Gebieten Teams zur Problembehebung eingesetzt.

A.4.4 Rolle von Forschung und Entwicklung, sowie von Erfindung (*creation*) und Neuerung (*innovation*), als auch des Experimentierens bei der Problemlösung

- **Erfinden⁹ ist ein Prozess, während dessen Ideen und Vorstellungen in die Entwicklung neuer Produkte oder Systeme münden.** Erneuern dagegen bedeutet Bestehendes zu modifizieren. Jede Verbesserung technischer Lösungen basiert auf Erneuerung. Wie wir bereits gesehen haben, haben die meisten bekannten Erfinder nichts erfunden, sondern schon Erfundenes nur derart verbessert, dass es breit eingesetzt werden konnte (Kommerzialisierung).
- **Einige technische Probleme können am besten mittels Experimentieren gelöst werden.** Dies beinhaltet vor allem Experimente mit technischen Produkten und Systemen. Die Methode ist identisch mit der wissenschaftlichen Methode des Experimentierens¹⁰, unterscheidet sich aber in der Zielsetzung. Ist die Naturerklärung das eindeutige Ziel des einen, so finden wir beim technischen Experimentieren den Wunsch wieder, sich die natürliche Welt als menschengemachte Umwelt «Untertan» zu machen.¹¹ Der Prozess des Experimentierens muss immer hochsystematisiert verlaufen, obschon er oft nicht auf bewusst rationalen Entscheidungen basieren oder gar initiiert werden kann. So werden Beobachtungen immer über intuitive, aber nichtsdestotrotz rationale Prozesse bewertet und gesteuert, aber auch die Auswahl der zu modifizierenden Parameter basiert mehr auf rationaler Intuition¹² denn auf bewusster iterativ erarbeiteter Entscheidung.
- **Technische Probleme müssen zuerst erforscht werden, bevor sie gelöst werden können.** Sobald ein Problem beobachtet wird, muss ein Prozess der Erforschung der möglichen Ursache initiiert werden, der die besten Ansatzpunkte und Methoden zur Problemlösung definieren kann.
- **Forschung und Entwicklung arbeiten Hand in Hand, um ein Produkt marktreif zu machen.** Dabei geht es nicht nur um technische formale Probleme, sondern auch um den eher schlecht definierten informalen Problembereich Technik–Mensch–Anwendung.¹³

⁹ Im Englischen sind die beiden Begriffe «invention» für Erfinden und «innovation» für Erneuern klar definiert und abgegrenzt. «Invention» heisst wörtlich «eingeblassen». «Innovation» bedeutet «eine Neuerung hineinbringen».

¹⁰ Wissenschaftliches Experimentieren basiert auf einer gemachten Beobachtung, einer Annahme, was diese Beobachtung bedeutet (Grundlagen), auf Parameterdefinitionen und -klassifikationen (Modellierung), auf eingeführte, das heisst ausgelöste und verursachte Veränderungen der wichtigsten Parameter, auf Messungen veränderlicher verknüpfter Parameter (eigentliches Experimentieren mittels einer Methode). Diese Messungen kreieren Resultate, die auf das Annahmemodell angewendet werden können, falls die Methode und relevante Kontrollversuche dies zulassen. Der letzte Prozess führt anschliessend zu einer Folgerung (Interpretation), die eine wissenschaftliche Erklärung für eine gemachte Beobachtung entweder verwirft oder bestärkt (Diskussion). Das Ganze muss vollständig dokumentiert werden, um Wissen zu erhalten und als wissenschaftlich zu gelten.

¹¹ Dieses Herauslösen des Menschen aus der Natur hat seinen Ursprung in jeder religiösen Betrachtungsweise der Um- und Mitwelt des Menschen. Vielleicht ist es aber auch umgekehrt und Religion basiert gerade auf diesem Herauslösen.

¹² Die Theorie der rationalen Entscheidung (*rational choice theory*) definiert bewusste und intuitive, also unbewusste, Anteile des Denkens als handlungsauslösend. Die Motivtheorie von Leontiev (Hedegaard M, Edwards, A, and Fleer M: (2012): «Motives in children development». Cambridge University Press Cambridge) geht von grossen unbewussten Anteilen aus, also von dem was wir als Intuition bezeichnen. Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass die Lösungen für fast alle komplexen Probleme plötzlich offen daliegen, also aus dem Unterbewussten erscheinen.

¹³ In diesem Bereich ist Apple absolute Spitze, schafft es diese Firma doch, gerade diesen Bereich emotional zu verknüpfen, ohne dabei technisch zu brillieren.

A.4.5 Bedeutung der Arbeit in Teams bei allen Teilschritten eines modernen Designprozesses. Anwendungs- und Ausführungsaspekte

- **Die Erarbeitung von Lösungswegen schlecht definierter technischer Probleme und Aufgabenstellungen gelingt den Teams mittels eines multidisziplinären Ansatzes.** Bei fast allen Verfahren, um schlecht definierte Probleme im Verlauf eines Designprozesses zu lösen, sind unterschiedlichste Fähigkeiten und variantenreiches Wissen bei der Zieldefinition und Lösungsfindung beteiligt. Um diese Breite zu ermöglichen, werden Teams zur Problembehebung eingesetzt.
- **Die Mitglieder eines Teams benötigen sich ergänzende Problemlösungsstrategien.** Bei der Lösung von schlecht definierten Problemen müssen die vielfältigen Fähigkeiten und Wünsche der Teammitglieder möglichst optimal eingesetzt werden. Dies wird über eine freie Wahl der Problemlösungsaspekte und der dazugehörigen Lösungsstrategien erreicht.
- **Die Aspekte einer Problemstellung können über Brainstorming, Mind- und Concept-Mapping gefunden werden.** Die unterschiedlichen Aspekte eines schlecht definierten Problems können am effizientesten mittels einer Zusammenfassung persönlicher Gedankenkarten erreicht werden. Dazu muss den unterschiedlichen kognitiven Stilen genügend Raum gegeben werden.
- **Die unterschiedlichen kognitiven Stile¹⁴ der Teammitglieder beeinflussen die Wahl ihrer Problemlösungsstrategie.** Menschen mit einem eher empathisierenden kognitiven Stil müssen die Möglichkeit haben, ihre Aspektliste im Dialog und mittels Recherche zu erarbeiten. Menschen mit einem systematisierenden kognitiven Stil dagegen muss Zeit eingeräumt werden, um ihre Aspektsammlung mittels Analyse, Tests und Recherche herauszuarbeiten. Gelingt dies in diesem Stadium nicht, wird dadurch die Funktionalität des Teams stark beeinträchtigt.
- **Die Aspektlisten müssen im Team gesammelt und besprochen werden.** Teams organisieren alle Aspekte und erarbeiten Prioritäten entlang der Aspektliste. Die zu bearbeitenden Aspekte werden auf die Mitglieder aufgeteilt.
- **Den unterschiedlichen kognitiven Stilen der Teammitglieder bei der weiteren Bearbeitung des Problems muss Beachtung geschenkt werden.** Nach erfolgter Priorisierung der Aspektliste muss das Team mögliche Problemlösungsstrategien definieren. Die gewählten Strategien entscheiden über die Aufteilung der Arbeit innerhalb des Teams, je nach Fähigkeiten und Möglichkeiten. Müssen empathisierende Mitglieder Probleme analytisch angehen und bearbeiten, scheitern sie genauso wie umgekehrt.

¹⁴ Zeyer Albert, (2014): «Systemizing and motivation to learn science in different science subjects». In http://www.esera.org/media/esera2013/Albert_Zeyer_14Feb2014.pdf und in

Zeyer Albert, (2010): «Motivation to learn science and cognitive style». Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education: 6.2, S.121.

A.4.6 Die Bedeutung des historischen Umfelds für technische Entwicklungen und Erfindungen {TTGA3A}

- **Die Art und Weise eines gefundenen und akzeptierten Lösungswegs ist immer in dessen historische Realität eingebunden.** Keine technische Lösung und Erfindung wird jenseits aller Vorarbeiten anderer und des historischen Umfelds ge- oder erfunden.¹⁵
- **Jede technische Erfindung und Lösung beeinflusst die Gesellschaft und dadurch auch die Geschichte.** Technische Lösungen und Erfindungen sind immer in ihrem jeweiligen gesellschaftlichen Umfeld wirksam. Dadurch beeinflussen sie die Gesellschaft direkt und indirekt.
- **Technische Erfindungen und Entwicklungen sind eine Triebfeder der menschlichen Entwicklung.** Schon seit frühester Zeit sind Technikentwicklung und menschliche Entwicklung zwei Seiten der gleichen Medaille und bedingen sich gegenseitig.¹⁶
- **Technische Entwicklungen und Erfindungen zeigen meist schwierig vorhersehbare vernetzte Wirkungen.** In unserer global vernetzten Welt erzielen technische Erfindungen und Entwicklungen meist weitreichende Wirkungen. Diese Wirkungen können häufig den gewünschten Zielen zuwiderlaufen. Aus diesem Grund sind die meisten gesellschaftlichen Probleme, die technisch gelöst werden sollen, schlecht definierte informale Probleme, die nicht über einfache Lösungswege angegangen werden können.

¹⁵ Beispielsweise führte Thomas A. Edison als Erfinder der Glühlampe (1879) nur eine kleine, sehr effektive Verbesserung ein und verhalf dadurch der Glühlampe zur Kommerzialisierung. Dies hat ihn als Erfinder der Glühlampe in die Geschichte Eingang finden lassen. Die Glühlampe wurde schon viel früher von Humphry Davy (1802) entwickelt. Diese und viele andere Technikinformationen sind nur auf englischsprachigen Wikipedia-seiten zugänglich (zum Beispiel: http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb).

¹⁶ Wie wir heute wissen, basiert die menschliche Entwicklung auf der Anwendung von Technik. Lange waren unsere Vorfahren (3.5 Millionen Jahre) Affen, die auf zwei Beinen gingen und aufrecht jagten. Erst die Technik des Muschelknackens und später des Feuers ermöglichte es unseren Vorfahren sich mit genügend Baustoffen für ein grösseres Gehirn zu versorgen. Erst dann konnten sich Mutationen für die grösseren und leistungstärkeren Gehirne verwirklichen und auch durchsetzen.