

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Technikbewertung
Begriffe und Grundlagen

VDI 3780

Technology Assessment
Concepts and Foundations

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this guideline shall be taken as authoritative.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preface	2
1 Begriffsbestimmungen	4	1 Definitions	4
2 Die Bedeutung von Wertsystemen für die Technik.	8	2 The significance of value systems for technology	8
3 Werte im technischen Handeln	12	3 Values in technical action	12
3.1 Funktionsfähigkeit	13	3.1 Functionality	13
3.2 Wirtschaftlichkeit	13	3.2 Economy	13
3.3 Wohlstand	14	3.3 Prosperity.	14
3.4 Sicherheit	15	3.4 Safety.	15
3.5 Gesundheit	18	3.5 Health.	18
3.6 Umweltqualität	19	3.6 Environmental quality	19
3.7 Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität.	20	3.7 Personality development and societal quality	20
3.8 Beziehungen zwischen den Werten	24	3.8 Relationships among values	24
4 Methoden der Technikbewertung	25	4 Methods of technology assessment	25
4.1 Typen der Technikbewertung	26	4.1 Types of technology assessment	26
4.2 Phasen der Technikbewertung.	27	4.2 Phases of technology assessment	27
4.3 Zusammenfassung.	30	4.3 Summary	30
4.4 Anhang: Ausgewählte Methoden	31	4.4 Annex: Selected methods	31
5 Institutionen der Technikbewertung.	38	5 Technology assessment institutions.	38
5.1 Gesellschaftliche Bereiche der Technik-einschätzung und Technikbewertung	38	5.1 Societal spheres of technology estimation and assessment	38
5.2 Möglichkeiten der Institutionalisierung von Technikbewertung.	40	5.2 Possibilities for institutionalising technology assessment	40
Schrifttum	44	References	44

VDI-Hauptgruppe Der Ingenieur in Beruf und Gesellschaft

Ausschuss Grundlagen der Technikbewertung

Vorbemerkung

VDI-Richtlinien sollen aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Technik umreißen. „In ihnen werden unter anderem zukunftsweisende Empfehlungen aufgestellt sowie Beurteilungs- und Bewertungskriterien gegeben. Sie behandeln im wesentlichen Themen, deren Entwicklung noch nicht beendet ist“ (Richtlinie VDI 1000).

Die Technikbewertung (einschließlich der darin enthaltenen Technikfolgen Abschätzung) ist ein solches Thema, das zukunftsweisender Empfehlungen bedarf. Diese sollen das Problembewusstsein für die Gestaltbarkeit der Technik fördern, damit neue technische Entwicklungen verantwortbar und akzeptabel werden.

Technik im Sinne dieser Richtlinie umfasst:

- die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme),
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen,
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.

Technikbewertung bezieht sich mithin nicht nur auf die gegenständlichen Sachsysteme, sondern auch auf die Bedingungen und Folgen ihrer Entstehung und Verwendung.

Zielgruppe der Richtlinie sind alle Verantwortlichen und Betroffenen in Wissenschaft, Gesellschaft und Politik, die an Entscheidungen über technische Entwicklungen beteiligt und mit der Gestaltung der entsprechenden gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen befasst sind, insbesondere Ingenieure, Wissenschaftler, Planer und Manager, die neue technische Entwicklungen bewertend gestalten.

Zweck der Richtlinie ist es, allen Beteiligten ein gemeinsames Verständnis für Begriffe, Methoden und Wertebereiche zu vermitteln. Die Richtlinie soll durch systematisches Analysieren von Zielen, Werten und Handlungsalternativen begründete Entscheidungen ermöglichen. Die hier vorgelegten Ausführungen über Werte im technischen Handeln und über Methoden und Institutionen der Technikbewertung beanspruchen nicht, gebrauchsfertige Rezepte dafür zu liefern, wie die Aufgabe einer konkreten Technikbewertung eindeutig zu lösen sei. Sie liefern begriffliche Klärungen und theoretische Grundlagen für die Diskussion der Technikbewertung.

Technikbewertung bedeutet hier das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert,

Preface

VDI guidelines are intended to outline current and future developments in technology. "Among other things, they make forward-looking recommendation and give criteria for evaluation and assessment. They essentially deal with topics whose development has not yet come to a conclusion." (VDI Guideline 1000)

Technology assessment (including its subdiscipline, technology impact analysis) is one of those areas that calls for forward-looking recommendations. These should promote an appreciation of the problem of the extent to which technology can be shaped, so that new technological developments are responsibly justifiable and acceptable.

For the purpose of this Guideline, *technology* encompasses:

- the set of use-oriented, artificial, concrete objects (artefacts or object systems),
- the set of human actions and institutions in which object systems originate,
- the set of human activities in which object systems are utilised.

Technology assessment therefore refers not only to concrete object systems but also to the conditions and impacts of their origin and utilisation.

The *target group* of this Guideline includes all responsible and affected parties in the sciences, society and politics who are involved in decisions regarding technological developments and who deal with shaping their basic sociocultural conditions. In particular, this includes engineers, scientists, planners, and managers who evaluatively shape new technological developments.

The *purpose* of this Guideline is to convey to stakeholders a common understanding of terminology, methods, and value domains. The Guideline is intended to enable them to make well-founded decisions based on systematic analysis of goals, values, and action alternatives. The exposition presented here on values in technical action and on methods and institutions of technology assessment make no claims to provide instant prescriptions for how the task of a specific technology assessment is to be clearly carried out. Rather, they supply terminological clarifications and theoretical bases for the discussion on technology assessment.

Technology assessment here means the methodical, systematic, organised process of

- analysing a technology and its developmental possibilities

- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt,
- aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,

so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.

Gesellschaftliche Urteile über Techniken und ihre Wirkungen hat es in der öffentlichen Meinung und im Marktverhalten der Wirtschaftsbürger schon immer gegeben. Auch haben Unternehmen und andere Technikproduzenten stets nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten über die Einführung von Innovationen entschieden; inzwischen ist in vielen Unternehmen die Wertanalyse nach DIN 69 910 eingeführt, die als Entscheidungskriterium ausdrücklich auch „Verbesserungen im humanitären Bereich“ nennt; die Technikbewertung wird zunehmend als Unternehmensaufgabe erkannt.

Das Neuartige der Technikbewertung im Sinne dieser Richtlinie ist die Breite des Bewertungshorizontes und die gesellschaftliche Organisation der Bewertungsprozesse. Möglichst alle Folgen einer Technik für Umwelt und Gesellschaft werden auch nach außertechnischen und außerwirtschaftlichen Werten beurteilt (vgl. Abschnitt 3), und der Bewertungsprozess bleibt nicht auf einen einzelnen Entscheidungsträger beschränkt, sondern wird von einem Netzwerk gesellschaftlicher Einrichtungen vorbereitet, unterstützt und begleitet. Wegen der Komplexität und Verflechtung der unterschiedlichen Einflussgrößen stehen diesem Konzept mannigfache Schwierigkeiten entgegen (vgl. Abschnitt 4 und 5). Da sich die zu berücksichtigenden Faktoren ständig wandeln, sollten Technikbewertungen die Technikentwicklung kontinuierlich begleiten. Die so verstandene Technikbewertung hat eine wissenschaftliche und eine gesellschaftlich-politische Seite: Prognosen und Projektionen zur technischen Entwicklung, Entwicklungsprojektionen, Folgenabschätzungen und Wirkungsanalysen in Bezug auf gegebene Zielsysteme können in wissenschaftlichen Studien von Fachleuten erarbeitet werden. Zielsysteme und Entscheidungen dagegen können nur nach politisch-demokratischen Regeln in einem gesellschaftlichen Aushandlungsprozess zustande kommen.

- assessing the direct and indirect technical, economic, health, ecological, human, social, and other impacts of this technology and possible alternatives,
- judging these impacts according to defined goals and values, or also demanding further desirable developments,
- deriving possibilities for action and design from this and elaborating these,

so that well-founded decisions are possible and can be made and implemented by suitable institutions if need be.

There have always been societal judgements of technologies and their effects in public opinion and in the market behaviour of economic actors. Companies and other producers of technologies have also always made decisions on the basis of technical and economic standpoints as to whether to introduce innovations. By now, many companies have introduced value analysis in accordance with DIN 69 910, which explicitly names "improvements in the humanitarian realm" among its decision criteria. Technology assessment is increasingly viewed as a company task.

What is new about technology assessment in the sense of this Guideline is the breadth of the assessment horizon and the social organisation of assessment processes. To the extent possible, all environmental and social impacts of a technology are also evaluated according to non-technological and non-economic values (see Section 3). The assessment process does not remain limited to individual decision makers; instead, it is prepared, supported, and attended by a network of social institutions. Due to the complexity and interlinkage of the different factors, a host of difficulties stand in the way of this approach (see Sections 4 and 5). Because the factors to be taken into consideration are in constant flux, technology assessment should continually accompany technological development. Understood in this way, technology assessment has a scholarly side and a sociopolitical side: Scholarly studies by experts can work out prognoses and projections for technological development, as well analyses of impacts and effects in regard to given goal systems. However, goal systems and decisions can develop only in a social negotiation process according to democratic political rules.

1 Begriffsbestimmungen

Technische Gebilde und Verfahren stehen in mannigfachen Systemzusammenhängen mit anderen technischen Gegebenheiten, mit der natürlichen Umwelt, mit einzelnen Menschen, sozialen Gruppen und der Gesellschaft insgesamt. Die Technik darf daher nicht als Selbstzweck, sondern muss immer als Mittel zur Erreichung bestimmter Ziele betrachtet werden.

- (1) Ein *Ziel* ist ein als möglich vorgestellter Sachverhalt, dessen Verwirklichung erstrebt wird; es wird durch eine Entscheidung gesetzt.

Sachverhalte sind z. B. Zustände, Gegenstände, Handlungen, Prozesse, Beziehungen. Die Erhaltung eines bereits bestehenden und die Vermeidung eines unerwünschten Sachverhaltes sind Sonderfälle der vorstehenden Definitionen.

Ein Ziel wird in einem Zielsatz formuliert. Ein Zielsatz enthält zwei Bestandteile: (a) die beschreibende Kennzeichnung des Sachverhaltes, (b) die Auszeichnung dieses Sachverhaltes als erstrebt, erwünscht, gefordert, befürwortet. Wenn der Zielcharakter eines gemeinten Sachverhaltes aus dem Zusammenhang eindeutig ersichtlich ist, genügt häufig schon die Kennzeichnung des Sachverhaltes.

Beispiel:¹⁾ Das Ziel

Z1 „Der Ottomotor eines Personenkraftwagens soll eine hohe Leistung aufbringen“
kann in verkürzter Form heißen: „Hohe Motorleistung“

- (2) Ein Ziel ist häufig Bestandteil eines *Zielsystems*, das mehrere Ziele und Beziehungen zwischen den Zielen umfasst.
- (3) Ist ein bestimmtes Ziel in einem allgemeineren *Oberziel* enthalten oder enthält es selbst speziellere *Unterziele*, so liegt eine begriffliche Hierarchiebeziehung vor.

Durch die Angabe von Unterzielen kann konkretisiert werden, was mit einem Ziel genau gemeint ist.

Beispiel: Zwei weitere Ziele mögen lauten:
Z2 „Der Motor soll von hoher Qualität sein.“

Z3 „Der Motor soll bei der Drehzahl 50 pro Sekunde ein Drehmoment von 150 Nm aufweisen.“

Gegenüber Z1 ist Z2 ein Oberziel, Z3 ein Unterziel.

- (4) Zwischen zwei Zielen liegt eine *Indifferenzbeziehung* vor, wenn jedes der beiden Ziele angestrebt werden kann, ohne dass die Erreichung des anderen dadurch beeinträchtigt wird.

¹⁾ Dieses und die folgenden Beispiele erheben nicht den Anspruch einer systematischen Technikbewertung. Sie sollen lediglich die jeweiligen Definitionen und Unterscheidungen veranschaulichen und beschreiben typische (aber nicht unbedingt für jeden Einzelfall gültige) Zusammenhänge.

1 Definitions

Technological objects and processes are connected in a multiplicity of systemic ways to other technological givens, the natural environment, individual persons, social groups, and society as a whole. Thus technology must not be viewed as an end in itself but instead always as a means to achieve particular goals.

- (1) A *goal* is a state of affairs imagined to be possible and whose realisation is pursued; a goal is set by means of a decision.

States of affairs include e. g. conditions, objects, actions, processes, and relationships. The preservation of an already existing state of affairs and the avoidance of one that is undesired are special cases of the preceding definition.

A goal is formulated in a goal statement. A goal statement contains two components: (a) the descriptive identification of the state of affairs, and (b) the designation of this state of affairs as sought, desirable, demanded, or approved. If the goal character of a particular state of affairs is unambiguously clear from the context, it is often sufficient to just identify the state of affairs.

Example:¹⁾ The goal

G1 "An automobile's Otto engine should be highly powerful"
can be shortened to: "Powerful engine"

- (2) A goal is frequently one component of a *goal system* that comprises multiple goals and relationships among these goals.
- (3) If a particular goal is contained within a more general *overarching goal* or if it contains more specific *subgoals*, a conceptual *hierarchical relationship* exists.

What precisely is meant by a goal can be specified by denoting subgoals.

Example: Two further goals might be:
G2 "The engine should be of high quality."

G3 "The engine should attain 150 Nm of torque at 3000 rpm."

With respect to G1, G2 is an overarching goal and G3 a subgoal.

- (4) A *relationship of indifference* exists between two goals if each of them can be pursued without affecting the achievement of the other.

¹⁾ This example and those that follow make no claim to be systematic technology assessment. They are simply intended to illustrate each definition and distinction, and they describe typical interrelations (which are however not necessarily valid for each individual case).

Beispiel: Das Ziel

Z4 „Der im Fahrzeug eingebaute Motor soll leicht zugänglich sein“
ist gegenüber Z1 indifferent und umgekehrt.

- (5) Zwischen zwei Zielen liegt eine *Konkurrenzbeziehung* vor, wenn die Erreichung des einen Ziels durch die Verfolgung des anderen Zieles beeinträchtigt wird.

Beispiel: In Konkurrenz mit Z1 steht das Ziel

Z5 „Die Versicherungsprämien für den Personenkraftwagen sollen niedrig liegen“,
sofern die Versicherungsprämien mit zunehmender Motorleistung steigen.

- (6) Ein *Mittel* dient dazu, ein Ziel zu erreichen. Man spricht dann von einer *Instrumentalbeziehung*. Jedes Mittel kann selbst wiederum als Ziel betrachtet werden.

Häufig gilt auch die Umkehrung, dass ein Ziel als Mittel zur Verwirklichung eines anderen Zieles anzusehen ist. Die Kenntnis und die Gestaltung von Mitteln können rückwirkend auch ein Ziel verändern.

Beispiel: Wählt man, um Z1 zu erreichen, ein hohes Verdichtungsverhältnis, so ist diese Maßnahme, da sie den thermischen Wirkungsgrad erhöht, ein Mittel. Für die einschlägige konstruktive Gestaltung des Ottomotors wird dieses Lösungsprinzip seinerseits zum Ziel:

Z6 „Es soll ein hohes Verdichtungsverhältnis vorgesehen werden.“

Umgekehrt erweist sich Z1 seinerseits als Mittel bezüglich des Zieles

Z7 „Der Personenkraftwagen soll bei gegebener Geschwindigkeit eine große Bergsteigefähigkeit besitzen.“

- (7) Die Anwendung eines Mittels hat neben der Verwirklichung des angestrebten Zieles weitere, gegebenenfalls auch unerwünschte *Folgen*.

Indem man solche Folgen identifiziert, entdeckt man in der Regel weitere Ziele, die in den Folgen entweder verwirklicht oder verfehlt sind; dadurch erweitert sich das Zielsystem.

Beispiel: Ein hohes Verdichtungsverhältnis ist nicht nur ein Mittel für hohe Motorleistung, sondern hat auch die Folgen: a) der relative Kraftstoffverbrauch wird niedriger; b) die Materialbeanspruchung steigt; c) der Ottomotor wird klopfempfindlich.

- (8) Eine *Präferenz* bedeutet, dass ein Ziel oder Mittel einem anderen Ziel bzw. Mittel vorgezogen wird.
- (9) *Kriterien* sind Auswahl Gesichtspunkte für die Bestimmung von Präferenzen bei der Entscheidung über Ziele und Mittel; soweit möglich, werden Kriterien mit Hilfe von *Maßstäben* quantifiziert.
- (10) Kriterium für die *Auswahl von Mitteln* ist insbesondere die Tauglichkeit zur Verwirklichung der Ziele; ein Mittel darf jedoch nicht nur hinsicht-

Example: The goal

G4 "The engine installed in the vehicle should be easily accessible"
is indifferent with respect to G1 and vice versa.

- (5) A *competitive relationship* exists between two goals if the achievement of one goal is impaired by pursuing the other goal.

Example: The goal

G5 "Insurance premiums for the automobile should be low" competes with G1 insofar as insurance premiums rise with increasing engine power.

- (6) A *means* serves to achieve a goal. One then speaks of an *instrumental relationship*. In turn, each means can itself be regarded as a goal.

Frequently the converse is also true – a goal may be seen as a means to attain another goal. The knowledge of means and the way in which they are realised can also change a goal retrospectively.

Example: If one chooses a high compression ratio in order to achieve G1, this measure is a means, since it increases thermal efficiency. This principle of construction, for its part, becomes a goal in the appropriate design of the Otto engine:

G6 "A high compression ratio should be provided for."

Conversely, G1 is itself a means toward the goal

G7 "The automobile should be able to climb hills easily at a given speed."

- (7) The application of a means has – in addition to the realisation of the desired goal – additional *impacts*, some of which may be undesirable.

By identifying such impacts, one usually discovers additional goals that are either achieved or not with each impact. The goal system enlarges in this way.

Example: A high compression ratio is not only a means for achieving a powerful engine; it also has other impacts: (a) relative fuel consumption decreases; (b) stress on the materials increases; (c) the Otto engine is more liable to knock.

- (8) A *preference* means that one goal or means is favoured over another goal or means.
- (9) *Criteria* are selection standpoints for determining preferences in deciding on goals and means. Insofar as possible, criteria are quantified with the help of *standards*.

- (10) A criterion in the *selection of means* is, most particularly, suitability for realising the goals. However, a means may not be chosen solely

lich seines Mittelcharakters in Bezug auf die erklärten Ziele, sondern muss auch hinsichtlich aller seiner anderen Folgen beurteilt werden.

Beispiel: Bei der Festlegung eines bestimmten Verdichtungsverhältnisses entscheidet man nicht nur nach dem Kriterium, wie weitgehend das Ziel Z1 erreicht wird, sondern überprüft auch, in welchem Maße mit den anderen Folgen, z. B. (a), (b) und (c) aus Ziffer (7), weitere Ziele verwirklicht oder nicht verwirklicht werden.

So dient Folge (a) dem Ziel

Z8 „Der Kraftstoffverbrauch soll niedrig sein“.

Folge (b) dagegen widerspricht, soweit nicht besondere konstruktive Vorkehrungen getroffen werden, dem Ziel

Z9 „Der Motor soll eine lange Lebensdauer haben“,

wobei Z9 ebenso wie Z1 im Oberziel Z2 enthalten ist. Gleiches gilt auch für das weitere Ziel

Z10 „Der Motor soll umweltfreundlich arbeiten.“

Diesem Ziel widerspricht Folge (c), sofern man den Ottomotor, um das Klopfen zu vermeiden, mit bleihaltigem Kraftstoff betreiben muss.

- (11) Kriterien für die Gewichtung und *Auswahl von Zielen* sowie für die Beurteilung von Mitteln können unter Bezug auf Werte gewonnen werden.

Beispiel: Eine Präferenz des Zieles Z1 mag sich auf den Wert „Bewegungsfreiheit“ beziehen. Gibt man den Zielen Z8 oder Z9 den Vorzug, steht der Wert „Sparsamkeit“ im Vordergrund. Präferiert man Z10, wozu auch Z8 ein Mittel sein kann, so greift man auf den Wert „Umweltqualität“ zurück.

- (12) *Werte* kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen gilt.

Allgemein wird mit Werten ein Anspruch auf Geltung und Zustimmung verbunden.

Werte sind Ergebnisse individueller und sozialer Entwicklungsprozesse, die sich in der Auseinandersetzung mit natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Bedingungen vollziehen; daher unterliegen Wertsysteme dem historischen Wandel und können in verschiedenen Kulturen und gesellschaftlichen Gruppen voneinander abweichen.

Der Inhalt eines Wertes kann aus Bedürfnissen hervorgehen; er konkretisiert sich insbesondere in Zielen, Kriterien und Normen.

- (13) Ein Wert ist häufig Bestandteil eines *Wertsystems*, das mehrere Werte und Beziehungen zwischen den Werten umfasst.

Für die Beziehungen gelten die Definitionen (3) bis (6) entsprechend.

with respect to its character as a means for attaining the declared goal; it must also be evaluated with respect to all of its other impacts.

Example: In determining a particular compression ratio, one makes a decision not only according to the criterion of the extent to which the goal G1 will be achieved. Instead, one also examines the degree to which other goals will be realised or not, due to other impacts – e. g., (a), (b), and (c) under number (7).

Thus, impact (a) serves to achieve the goal

G8 "Fuel consumption should be low."

However, unless special design precautions are taken, impact (b) contradicts the goal

G9 "The engine should have a long operating life",

whereby G9 and G1 are both comprised within the overarching goal G2. The same holds true for an additional goal

G10 "The engine should function in an ecologically friendly manner."

This goal contradicts impact (c), insofar as one will have to operate the Otto engine with leaded gasoline in order to prevent knocking.

- (11) Criteria for the weighting and *selection of goals* and for the evaluation of means can be obtained only if values are taken into account.

Example: A preference for the goal G1 may refer to the value "freedom of movement." If one gives priority to G8 or G9, the value "economy" is foregrounded. If one prefers G10 (to which G8 can also be a means), one refers to the value "environmental quality".

- (12) *Values* are expressed in evaluations; they are characteristic of something being recognised, prized, admired, or sought after. They thus help in orientation, assessment, or justification when it comes to distinguishing the types of action and states of affairs that are to be pursued, approved, or preferred.

In general, a claim of validity and consent is associated with values.

Values result from individual and social development processes that take place in confrontation with natural, social, and cultural conditions. Thus, value systems are subjected to historical change and can vary among different cultures and social groups.

The content of a value can derive from needs; it takes shape particularly in goals, criteria, and norms.

- (13) A value is frequently a component of a *value system* that comprises multiple values and relationships among these values.

For these relationships, definitions (3) through (6) apply, respectively.

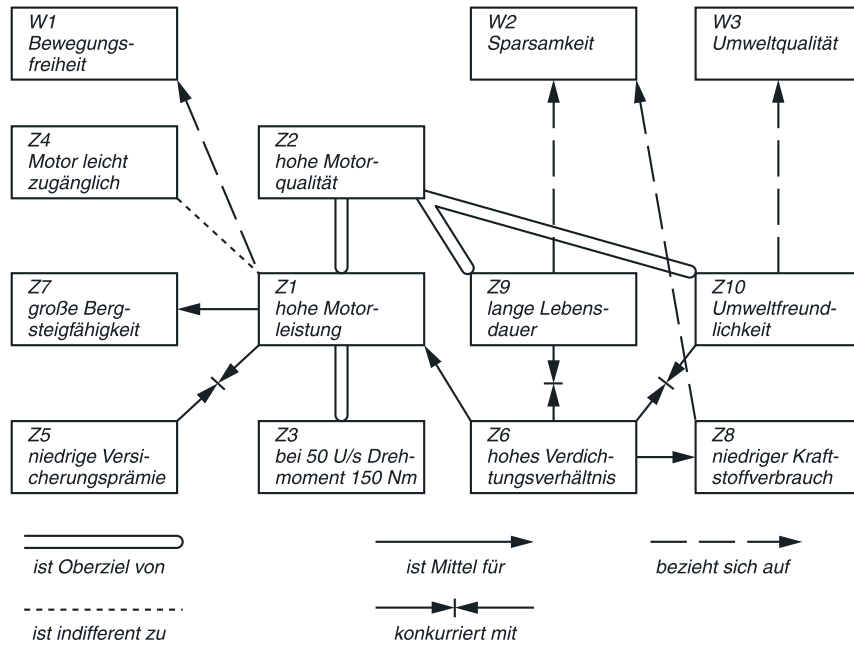


Bild 1. Beziehungen zwischen Zielen und Werten (dargestellt am Beispiel typischer Zusammenhänge bei einem PKW-Ottomotor)

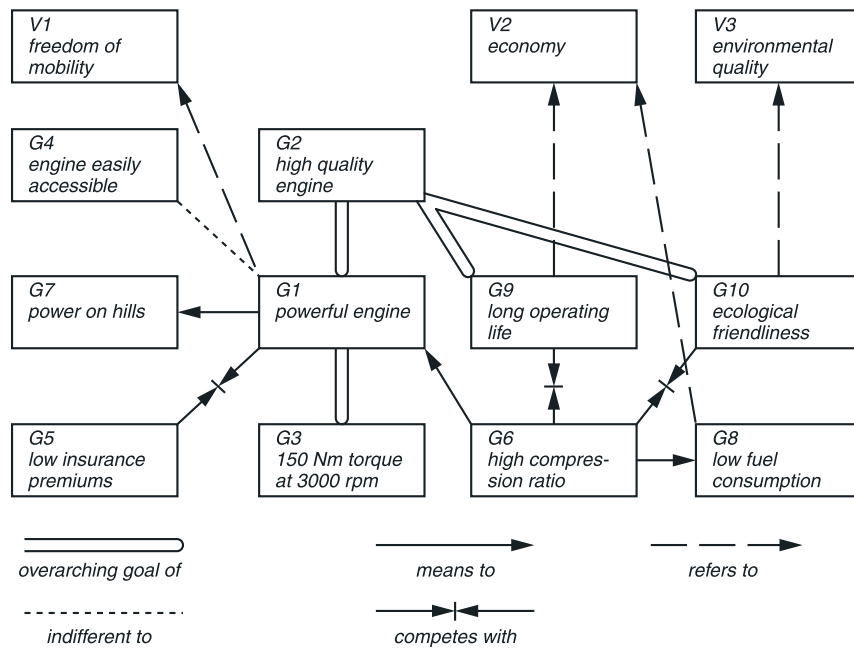


Fig. 1. Relationships among goals and values (illustrated with typical connections in the example of a car's Otto engine)

(14) *Bedürfnisse* sind der Ausdruck für das, was zur Lebenserhaltung und Lebensentfaltung eines Menschen notwendig ist.

Im Gegensatz zur Beliebigkeit des Wunsches hebt das Bedürfnis auf die Notwendigkeit der Befriedigung ab. Was allerdings als unerlässlich gilt, hängt vom jeweiligen Entwicklungsstand von Kultur und Gesellschaft ab; in der Industriegesellschaft konkretisieren sich die Bedürfnisse anders als in einem Naturvolk.

(14) *Needs* expresses that which is necessary to preserve and develop human life.

In contrast to the arbitrariness of desires, a need emphasises the necessity of its being satisfied. However, what counts as indispensable depends on the level of development of a particular culture and society; needs form differently in an industrialised society than in a less developed one.

Oft wird ein nicht befriedigtes Bedürfnis subjektiv als Gefühl eines Mangels erlebt; es gibt aber auch Bedürfnisse, die mit keinem Mangel-erlebnis verbunden sind, weil sie entweder regelmäßig und dauerhaft befriedigt werden oder aus anderen Gründen dem Individuum nicht zu Bewusstsein kommen. Bedürfnisse können sich in Einzel- oder Gruppeninteressen äußern.

- (15) *Interessen* sind spezifische Zielorientierungen, die aus den Werten und Bedürfnissen einzelner Individuen, Gruppen oder Organisationen hervorgehen und von diesen in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik mehr oder minder öffentlich vertreten und mit verfügbarer Macht verfolgt werden.

Interessen sind in jeder Gesellschaft eine selbstverständliche Erscheinung; ein harmonischer Gesellschaftszustand, in dem es keine miteinander konkurrierenden Interessen gäbe, ist eine unrealistische Fiktion. Interessengegensätze können zu Konflikten führen, die in geregelter Form ausgetragen und günstigenfalls durch Kompromisse beigelegt werden. Soweit Interessen das Gemeinwohl zu beeinträchtigen drohen, werden sie durch rechtliche und politische Regelungen begrenzt.

- (16) *Normen* sind auf soziale Verbindlichkeit und Vereinheitlichung angelegte Verhaltensregeln, die unter Bezug auf Werte in einer gesellschaftlichen Gruppe oder in der Gesamtgesellschaft Verhaltenserwartungen und Handlungsanweisungen bestimmen; Verstöße gegen Normen ziehen Sanktionen nach sich, die von der Missbilligung bis zur Bestrafung reichen können.

Oft sind Normen schriftlich oder gar gesetzlich festgelegt. Auch technische Normen fallen unter diesen allgemeinen Normbegriff, indem sie auf die Vereinheitlichung technischer Lösungen hinwirken.

2 Die Bedeutung von Wertsystemen für die Technik

Die Existenz und die Beschaffenheit der technischen Mittel gehen auf menschliche Zielsetzungen, Entscheidungen und Handlungen zurück, in denen Werte zum Ausdruck kommen.

Beispiele: Die Errichtung von Kohlegroßkraftwerken und der Aufbau großflächiger elektrischer Energieversorgungsnetze anstelle kleinerer Einheiten war vor allem ein Ergebnis von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen. – Durch die Ausrüstung von Kraftwerken mit Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen trägt man gestiegenen Umweltschutzforderungen Rechnung.

An unfulfilled need will often be experienced subjectively as a feeling of scarcity; but there are also needs that are not associated with any experience of scarcity, either because they are satisfied on a regular and long-lasting basis, or because they do not enter the consciousness of the individual for some other reason. Needs can be expressed as individual or group interests.

- (15) *Interests* are specific goal orientations that follow from the values and needs of individual persons, groups, or organisations. They are more or less publicly represented by these entities in the economy, society and politics and pursued with the power at these entities' disposal.

Interests are a normal phenomenon in every society; a harmonious state of social affairs, in which there would be no conflicting interests, is an unrealistic piece of fiction. Clashes of interests can lead to conflicts that are carried out in a well-ordered form and in the best case can be put to rest with a compromise. Insofar as interests threaten to harm the common good, they are limited by legal and political regulations.

- (16) *Norms* are rules of behaviour meant to promote social obligation and standardisation, which – with reference to values – determine behavioural expectations and guidelines for action in a social group or in the entire society. Violations of norms result in sanctions that can range from disapproval to punishment.

Often, norms are laid down in writing or even in law. Technical norms also fall under this general notion of norms in that they work toward standardisation of technological solutions.

2 The significance of value systems for technology

The existence and qualities of technological means originate from human objectives, decisions, and actions in which values are expressed.

Examples: The construction of huge coal power stations and the creation of electric distribution systems over a large area instead of smaller units was primarily a result of economic considerations. – By equipping power plants with desulphurisation and DeNox systems, heightened demands for environmental protection are taken into account.

Der Zielsetzungs-, Entscheidungs- und Handlungsspielraum wird durch folgende *allgemeine Rahmenbedingungen* begrenzt:

- natürliche Bedingungen: Gegebenheiten und Gesetzmäßigkeiten der Natur, denen auch der Mensch als Naturwesen unterliegt (Rohstoffe, Energie, biologische Grundausstattung des Menschen und seiner Umwelt, elementare Bedürfnisse, physikalische Prinzipien usw.)

Beispiele: In manchen Tiefländern mit ihrer geringen Reliefenergie sind der Wasserkraftnutzung enge Grenzen gesetzt. – Die Hauptsätze der Thermodynamik schließen ein Perpetuum mobile oder Kraftmaschinen mit dem Wirkungsgrad 1 aus, auch wenn immer wieder Erfinder davon geträumt haben. – Bei bestimmten Wetterlagen vor allem in den Städten auftretende Schadstoffkonzentrationen gefährden die menschliche Gesundheit.

- gesellschaftlich-kulturelle Bedingungen: Ergebnisse menschlicher Tätigkeit und Strukturen des menschlichen Zusammenlebens (wissenschaftlicher Erkenntnisstand, Stand des technischen Wissens und Könnens, technische Sachbestände, Wirtschaftsformen, politische Verfassungen, Rechtsordnungen, gesellschaftliche Werte und Normen, Weltanschauungen, Religionen usw.)

Beispiele: Als das Leitbild der autogerechten Stadt galt, wurden Straßen dem Automobil angepasst und Infrastrukturelemente öffentlicher Verkehrsmittel, wie das Schienennetz von Straßenbahnen, entfernt. Damit ergeben sich heute Probleme für einen erneuten Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs. – Religiöse Vorstellungen können Arbeit an bestimmten Tagen untersagen.

Die Rahmenbedingungen grenzen die Menge der denkbaren auf die Menge der jeweils machbaren Möglichkeiten ein; damit begrenzen sie auch den Freiheitsspielraum für technisches Entscheiden und Handeln. Durch Änderung der gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen werden jedoch auch neue Freiheitsspielräume eröffnet oder natürliche Bedingungen erst verfügbar gemacht.

Beispiele: Eine Lockerung baurechtlicher Bestimmungen würde die Möglichkeiten architektonischer Formensprache oder auch der Nutzung von Wind- und Sonnenenergie erweitern.

Bei den gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen entsteht vielfach der Eindruck von unabdingbaren Entscheidungszwängen, weil bestimmte früher getroffene Vorentscheidungen als selbstverständlich oder „natürlich“ vorausgesetzt und ungeprüft als sogenannte Sachzwänge hingenommen werden. Tatsächlich können sie jedoch ausdrücklich bewusst gemacht, in Frage gestellt und gegebenenfalls verändert werden.

Beispiel: Die öffentliche Wasserversorgung stellt in riesigen Mengen Wasser in Trinkqualität zur Verfügung. Möglich wäre auch eine Trennung von Trink- und Brauchwasserversorgung.

Unter den machbaren technischen Möglichkeiten wird aufgrund von *Präferenzen* entschieden; auch

The scope for objectives, decisions, and actions is limited by the following *general frame conditions*:

- Natural conditions: the facts and laws of nature to which the human being as a natural creature is also subject (raw materials, energy, the basic biological equipment of humans and their environment, elementary needs, physical principles, etc.)

Examples: In some low-lying countries with flat landscapes, strict limits are placed on hydropower usage. – The principal laws of thermodynamics rule out a perpetual motion machine or power engines with 100 % efficiency, although inventors perpetually dream of them. – Under particular weather conditions, increased concentrations of pollutants especially in cities endanger human health.

- Sociocultural conditions: results of human activities and structures of human co-existence (level of scientific knowledge, level of technological knowledge and capacities, technological artefacts, economic forms, political constitutions, legal orders, social values and norms, worldviews, religions, etc.)

Examples: At the time when cities designed for cars were the model, roads were adapted to the automobile and infrastructural elements of public transportation, such as the rail network for streetcars, were removed. This has resulted in problems today for rebuilding the public transportation system. – Religious beliefs can forbid working on certain days.

The frame conditions circumscribe the set of conceivable possibilities, limiting them to the set of possibilities that are feasible in a given situation. They thus also limit the ranges of freedom for technical decision-making and action. By changing the sociocultural frame conditions, however, new scopes of freedom may also be opened up, or natural conditions may be made available for the first time.

Example: Reducing building regulations would expand the possibilities for architectural use of forms or for utilising wind and solar energy.

The sociocultural frame conditions often give the impression that there are inevitable constraints on decision-making, because certain decisions made at an earlier point in time are taken as self-evident or "natural" and are hence unquestioningly accepted as so-called practical constraints. In fact, however, they can be made conscious and explicit, called into question, and changed if the occasion arises.

Example: The public water supply makes enormous quantities of water available, all of it potable. It would also be possible to have separate drinking water and non-potable water supplies.

Decisions are made among the feasible technological possibilities on the basis of *preferences*. They can be

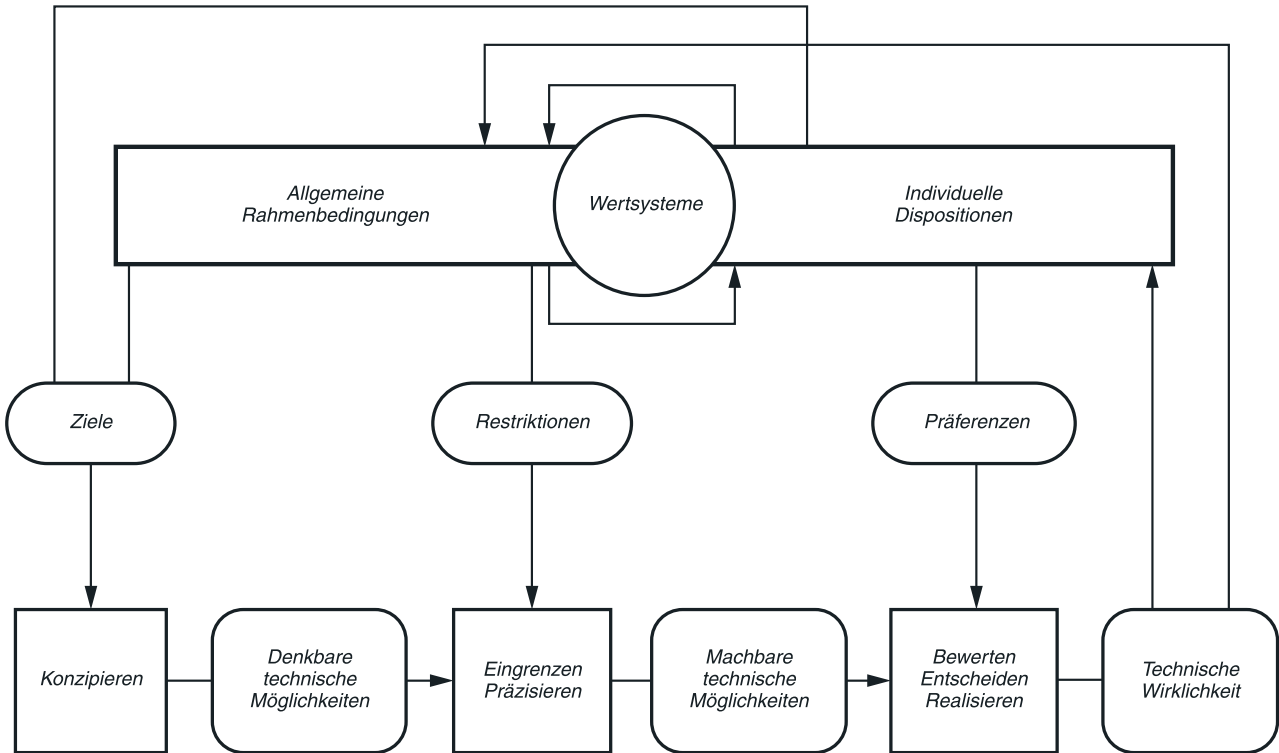


Bild 2. Entwicklung und Auswahl technischer Möglichkeiten unter dem Einfluss allgemeiner Rahmenbedingungen und individueller Dispositionen

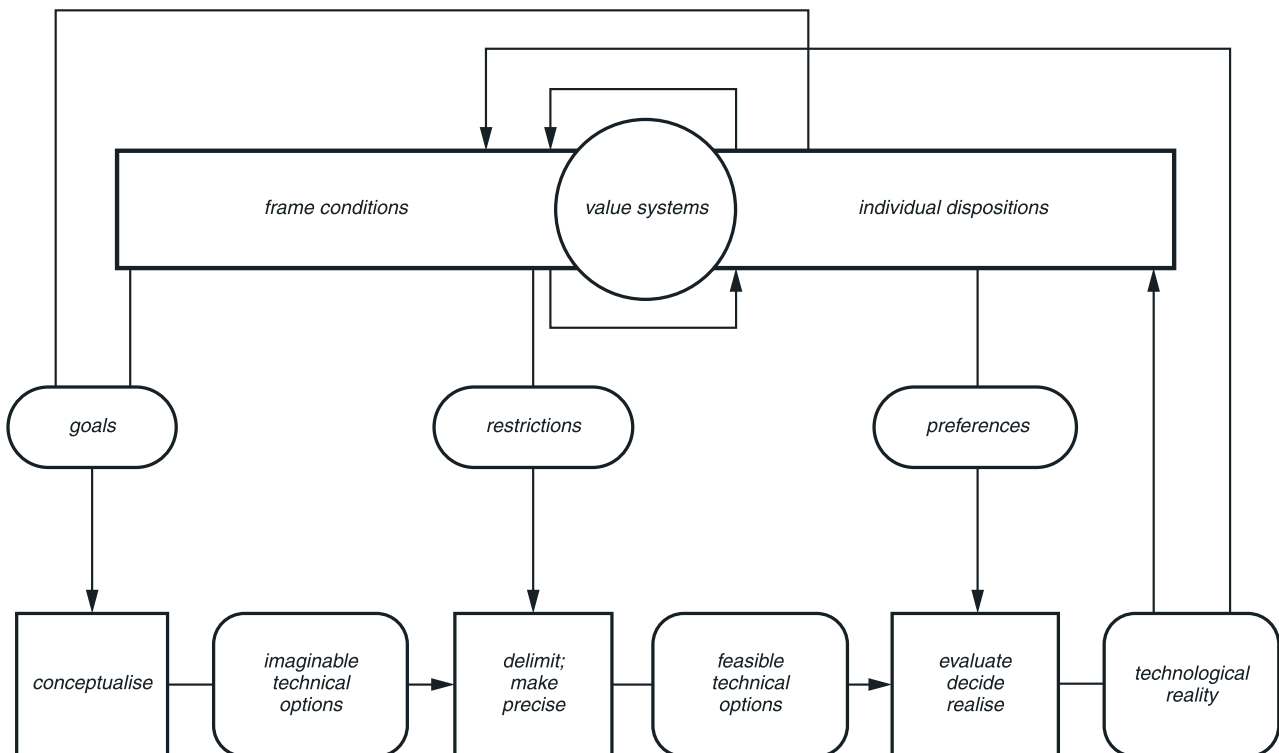


Fig. 2. Development and selection of technological options under the influence of general frame conditions and individual dispositions

diese lassen sich grundsätzlich offenlegen. Die Präferenzen sind keine rein willkürlichen Setzungen der Entscheidungsträger, sondern sind von relativ stabilen *individuellen Dispositionen*²⁾ abhängig. Bei deren Herausbildung wirken zusammen:

- spezifische Ausprägungen allgemeiner menschlicher Bedürfnisse der Lebenserhaltung und Lebensentfaltung

Beispiel: In manchen Kulturen gilt ein Anschluss an die Kanalisation und an das Stromnetz als Selbstverständlichkeit; in anderen nicht.

- Sinnperspektiven und Lebenshaltungen als Verinnerlichung der Vorgaben von Kulturkreisen, Weltanschauungsgemeinschaften, Schichten und Gruppen (diesseits- oder jenseitsbezogene Lebensdeutungen, Leistungsstreben oder Kontemplation, Individualismus oder Kollektivismus, Anpassungs- oder Protesthaltungen usw.)

Beispiel: Je nach der weltanschaulich begründeten Einstellung werden großtechnische Eingriffe in die Natur unterschiedlich beurteilt.

- persönliche Lebenserfahrungen und Lebensvorstellungen (persönliche Wissensschwerpunkte, Neigungen, Interessen, Verhaltensmuster usw.)

Beispiel: Wer selbst von einer Überschwemmungskatastrophe betroffen war und außerdem bei einer großen Baufirma arbeitet, wird sich kaum gegen den Bau von Hochwasserschutzanlagen aussprechen.

Werte kommen bei technischen Zielsetzungen und Entscheidungen mithin in zweifacher Weise zur Geltung:

- innerhalb der allgemeinen gesellschaftlich-kulturellen Rahmenbedingungen,
- als individuelle Orientierungsgesichtspunkte für Präferenzen.

Die allgemeinen Rahmenbedingungen und die individuellen Dispositionen hängen miteinander zusammen und stehen in Wechselwirkung; größtenteils unterliegen sie *geschichtlichem Wandel*. Dementsprechend können sich auch die Werte ändern. Zwar finden sich in den geschichtlichen Gesellschaften in gewissem Umfang gleiche, langfristig stabile und allgemein anerkannte Werte, aber diese sind jeweils eingebettet in unterschiedliche *Wertsysteme* mit verschiedenen Präferenzordnungen.

Eine über längere Zeiträume feststellbare *Umwertung von Werten* (Wandel der Wertauffassungen, Wertwandel) im gesamtgesellschaftlichen Maßstab erfolgt durch

²⁾ Unter „Disposition“ wird hier die Bereitschaft verstanden, angesichts bestimmter Bedingungen mit bestimmten Formen und Inhalten des Verhaltens und Erlebens zu handeln und zu reagieren.

laid open, in principle. Preferences are not merely put forward at random by decision makers. Rather, they depend on relatively stable *individual dispositions*.²⁾ A number of things act in concert in their formation:

- specific forms of general human needs for the preservation and development of life

Example: In some cultures, being connected to the sewage system and electric network is taken for granted; in others, it is not.

- perspectives of meaning and life-attitudes as internalisations of the givens of cultures, communities with a shared worldview, social strata, and groups (sacred versus secular interpretations of life, drive for achievement versus contemplation, individualism or collectivism, conformity versus protest, etc.)

Example: People judge differently about large-scale technological interventions in nature depending on attitudes grounded in their respective worldviews.

- individual experiences and ideas about life (personal scope of knowledge, inclinations, interests, patterns of behaviour, etc.)

Example: A person who has been personally affected by a catastrophic flood and also works for a large construction company is highly unlikely to oppose the building of flood protection systems.

Values can thus come into play in two different ways in technological objectives and decisions:

- within the general sociocultural frame conditions
- as individual orientation perspectives for preferences

The general frame conditions and individual dispositions are interconnected and interact with each other. To a large degree, they are subject to *historical change*. Accordingly, values can also change. Although one can identify values in past societies that have remained the same to a certain degree, stable over the long run, and generally acknowledged, these are embedded in different *value systems* with various orders of preferences.

A *reevaluation of values* (change in conceptions of values, change in the values themselves), which can be observed over long periods of time on the scale of an entire society, occurs through

²⁾ What is meant here by "disposition" is the readiness to act and react with particular forms and contents of behaviour and experience, given particular conditions.

- Änderung der Präferenzordnung im Wertesystem (Betonung früher weniger beachteter und Zurücksetzung früher stärker beachteter Werte)

Beispiel: Heute wird zunehmend eine Verteuerung von Gütern und Dienstleistungen durch Maßnahmen des Umweltschutzes in Kauf genommen.

- Änderung der Interpretation von Werten (z.B. Konkretisierung eines bestehenden Wertes in neuen Zielen und Präferenzen).

Beispiel: In Zeiten des Mangels konkretisiert sich der Wert der Gesundheit in Bemühungen um eine Sicherung der Ernährung, in Zeiten des Überflusses in Bemühungen, die Nahrungsaufnahme nicht zu übertreiben.

Solche Umwertungen werden häufig von Minderheiten eingeleitet, deren Angehörige ein Missverhältnis zwischen den allgemeinen Rahmenbedingungen und ihren individuellen Orientierungsgesichtspunkten erfahren. Ein derartiges Missverhältnis kann durch Änderung von Rahmenbedingungen oder durch Änderung individueller Dispositionen entstehen. Die Änderungen können durch früher getroffene technische Entscheidungen und deren Folgen verursacht sein. So bestimmen im historischen Prozess Wertesysteme die technische Entwicklung und werden umgekehrt von ihr und ihren Folgen selbst beeinflusst.

3 Werte im technischen Handeln

Das Ziel allen technischen Handelns soll es sein, die menschlichen Lebensmöglichkeiten durch Entwicklung und sinnvolle Anwendung technischer Mittel zu sichern und zu verbessern.

Die fachliche Aufgabe des Ingenieurs besteht zunächst darin, hierfür geeignete technische Systeme zu entwickeln und deren *Funktionsfähigkeit* sicherzustellen. Darüber hinaus gilt es, einen möglichst sinnvollen Gebrauch von den stets nur in begrenztem Umfang vorhandenen Ressourcen (Rohstoffe, Energie, Arbeit, Zeit, Kapital usw.) zu machen, so dass die technische Funktion auf möglichst sparsame und damit wirtschaftliche Weise erreicht wird. Die Auswahl unter den verschiedenen technischen Möglichkeiten erfolgt deshalb nach Kriterien der *Wirtschaftlichkeit*.

Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit werden jedoch nicht um ihrer selbst willen erstrebt. Technische Systeme werden hergestellt und benutzt, um menschliche Handlungsspielräume zu erweitern. Sie stehen im Dienste außertechnischer und außerwirtschaftlicher Ziele. Werte, an denen sich solche Ziele orientieren, sind insbesondere *Wohlstand, Gesundheit, Sicherheit, Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung* und *Gesellschaftsqualität*. Zwischen diesen Zielen und Werten bestehen häufig Konkurrenzbeziehungen.

- changes in the order of preferences within the value system (emphasis on values that were previously given less notice and neglect of values that were previously highly regarded)

Example: There is increasing acceptance today for goods and services becoming more expensive due to environmental protection measures.

- changes in the interpretation of values (e.g., an existing value may manifest itself in new goals and preferences)

Example: In times of scarcity, the value of health manifests itself in efforts to secure the food supply; in times of overabundance, in efforts not to overeat.

Such revaluations are frequently initiated by minority groups whose members experience a disjuncture between the general frame conditions and their individual perspectives of orientation. A disjuncture of this sort can arise from changes in the frame conditions or from changes in individual dispositions. These changes can be caused by previously-made technical decisions and their impacts. In this manner, in the historical process value systems determine technological development and, conversely, value systems are influenced by technological development and its impacts.

3 Values in technical action

The goal of all technical action should be to secure and improve human living conditions by developing technological means and sensibly applying them.

First of all, the engineer's professional task consists of developing technological systems appropriate to this end and ensuring their *functionality*. Furthermore, it is necessary to use the always limited resources available (raw materials, energy, work, time, capital, etc.) as sensibly as possible, so that technical functioning is achieved in the most thrifty and thus most economical way possible. Thus, selection among the various technical possibilities takes place according to criteria of *economy*.

However, functionality and economy are not pursued for their own sake. Technological systems are created and used in order to expand the range of human action. They are at the service of nontechnical and noneconomic goals. Values toward which such goals are oriented include in particular *prosperity, health, safety, environmental quality, personality development, and societal quality*. These goals and values often stand in a competitive relationship with one another.

Außer den erwünschten Wirkungen für die Verbesserung der Lebensqualität haben technische Systeme – unter Umständen weltweit – auch unerwünschte Folgen für den Menschen und seine natürliche, soziale und kulturelle Umwelt. Es gehört zu den Aufgaben der Technikbewertung, zu diskutieren, welche Argumente für und gegen bestimmte technische Entwicklungen sprechen, und dabei auftretende Zielkonflikte zu verdeutlichen. Dazu müssen negative Auswirkungen vorsorglich abgeschätzt und gegen den erstrebten Nutzen abgewogen werden.

3.1 Funktionsfähigkeit

Die Funktionsfähigkeit eines technischen Systems besteht darin, unter bestimmten Bedingungen erstrebte Wirkungen herbeiführen zu können; sie beruht auf dem strukturellen Aufbau des Systems. In ihrer Beschaffenheit sollen die Wirkungen den menschlichen Nutzungsbedürfnissen entsprechen (*Brauchbarkeit*).

Zunächst geht es darum, bestimmte Wirkungen überhaupt mit technischen Mitteln herbeizuführen (*Machbarkeit*). Diese Wirkungen sollen, gemessen in Outputparametern wie Geschwindigkeit, Leistung, Kapazität usw., möglichst groß sein (*Wirksamkeit*). Ein gut funktionierendes technisches System zeichnet sich in seinem strukturellen Aufbau und seiner Wirkungsweise durch möglichst große Einfachheit, Robustheit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer usw. aus (*Perfektion*); diese Eigenschaften müssen aufeinander abgestimmt sein.

Schließlich ist es ein Prinzip des technischen Gestaltens, das Verhältnis von Output zu Input, z. B. den energetischen Wirkungsgrad, die Stoffausnutzung oder die mengenmäßige Produktivität, zu maximieren (*technische Effizienz*³⁾).

Machbarkeit ist manchmal so verstanden worden, dass man machen soll, was man machen kann. Auch der Wert der Wirksamkeit hat sich gelegentlich selbstständig und zu einem schrankenlosen „Stärker“, „Schneller“ und „Größer“ geführt. Grundsätzlich jedoch müssen Machbarkeit, Wirksamkeit, Perfektion und technische Effizienz nicht nur durch wirtschaftliche, sondern auch durch außerwirtschaftliche Werte relativiert werden.

3.2 Wirtschaftlichkeit

Technische Entscheidungen unterliegen wegen der unaufhebbaren Knappheit der Ressourcen, die für Herstellung und Gebrauch technischer Systeme er-

Apart from desired effects on improving the quality of life, technological systems also have undesired impacts on humans and their natural, social, and cultural environment – impacts that may be global in scope. One of the tasks of technology assessment is to discuss which arguments speak pro or contra certain technological developments and to clarify goal conflicts that may emerge in the process of assessment. To this end, negative effects must be assessed in advance and weighed against the desired benefits.

3.1 Functionality

The functionality of a technological system consists in its being capable of bringing about desired effects under specified conditions; it is based on the structural design of the system. The system's effects should be of such a kind as to correspond to practical human needs (*usefulness*).

First of all, this is a matter of bringing about certain effects with technological means (*feasibility*). Measured in terms of output parameters such as speed, power, capacity, etc., these effects should be as strong as possible (*effectiveness*). In its structural design and performance, a well functioning technological system stands out for being as simple, robust, precise, reliable, long-lived, etc. as possible (*perfection*); these qualities must be balanced with one another.

Finally, one of the principles of technical design is to maximise the ratio of output to input, e. g., concerning energetic efficiency, yield of material, or quantitative productivity (*technical efficiency*³⁾).

Feasibility is sometimes understood to mean that one should do whatever one is capable of doing. The value of effectiveness has also sometimes taken on a life of its own and led to an untrammelled "stronger", "faster" and "larger". But on principle, feasibility, effectiveness, perfection, and technical efficiency must be relativised not only by economic values but by non-economic values as well.

3.2 Economy

Technical decisions are subject to the dictates of thrift due to the unavoidable shortage of resources that are necessary to create and use technological systems

³⁾ „Maximieren“ und „Minimieren“ bedeuten hier und im folgenden, unter den bekannten und realisierbaren Alternativen jeweils diejenige mit dem größten bzw. kleinsten Ergebnis zu wählen; gegebenenfalls sind Restriktionen aufgrund anderer Werte zu beachten.

³⁾ Here and throughout the following pages, "maximise" and "minimise" mean selecting among the known and attainable alternatives that one with the largest or smallest result, respectively; if appropriate, restrictions due to other values are to be taken into account.

forderlich sind (Material, Energie, Arbeitskraft, Produktionsmittel usw.), dem Gebot der Sparsamkeit. Dies kommt im Wert der Wirtschaftlichkeit im weiteren Sinne, im ökonomischen Rationalprinzip, zum Ausdruck.

In seiner allgemeinsten Form verlangt dieses Prinzip, das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand zu maximieren, das heißt, einen bestimmten Nutzen mit möglichst geringem Aufwand oder mit einem bestimmten Aufwand einen möglichst hohen Nutzen herbeizuführen. Das Rationalprinzip lässt mehrere Deutungen zu. Außer der bereits erwähnten technischen Effizienz gehören dazu die Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne und die Rentabilität.

Unter *Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne* versteht man das Verhältnis von Güterertrag (Nutzen) zu Produktionskosten (Aufwand). Die Wirtschaftlichkeit wird verbessert durch Kostenminimierung oder durch Steigerung des Produktionsergebnisses, z.B. über Qualitätsverbesserungen oder höhere Mengen. Dieser Wert der Wirtschaftlichkeit gilt in allen Wirtschaftssystemen. Unter *Rentabilität* versteht man das Verhältnis von Unternehmensgewinn zu eingesetztem Eigenkapital; das Rentabilitätsprinzip kommt insbesondere in der Forderung nach Gewinnerzielung bzw. Gewinnmaximierung zum Ausdruck.

Während für die bloße *Selbsterhaltung* einer Wirtschaftseinheit Kostendeckung ausreicht, sind Überschüsse immer dann erforderlich, wenn ein Unternehmen eigenfinanziertes *Wachstum* (der Produktionskapazität, des Umsatzes usw.) anstrebt. Selbsterhaltung und Wachstum können nicht nur der Rentabilitätssicherung, sondern auch anderen Zielen wie der Sicherung von Arbeitsplätzen, dem Bild des Unternehmens in der Öffentlichkeit usw. dienen.

3.3 Wohlstand

Auch wenn Wirtschaftlichkeit und Rentabilität oft isoliert gesehen werden, sollen sie doch letzten Endes den gesamtwirtschaftlichen Wohlstand fördern. Wohlstand meint in diesem Zusammenhang das materielle Wohlergehen der Bevölkerung und bedeutet möglichst weitgehende Befriedigung menschlicher Bedürfnisse durch Güter und Dienstleistungen (*Bedarfsdeckung*). Steigerungen in der Bedarfsdeckung zeigen sich teilweise im *quantitativen Wachstum* des Sozialprodukts. Unter dem Sozialprodukt versteht man die in Preisen ausgedrückte Summe aller Güter und Dienstleistungen. Die Problematik einer ausschließlichen Orientierung am Sozialprodukt zeigt sich z.B. darin, dass Autounfälle und geplanter Verschleiß über höheren Güterumsatz das Sozialprodukt erhöhen. Dagegen werden sozial nützliche Handlungen wie Hausarbeit oder Nachbar-

(materials, energy, labour power, means of production, etc.). What is relevant here is the value of economy, i.e., the principle of economic rationality.

In its most general form, this principle demands that the ratio of benefits to costs be maximised – i.e., that a particular benefit be brought about at the least cost possible, or that the greatest benefit possible be achieved at a given cost. The principle of rationality can be interpreted in various ways. Apart from technical efficiency (which has already been mentioned), it includes economic efficiency as well as profitability.

Economic efficiency means the ratio of the output of goods (benefits) to the outlay for production (costs). Efficiency can be improved by minimising costs or by improving production output, e.g., by improving quality or increasing quantity. This value of economy holds true in all economic systems. *Profitability* is understood as the ratio of a company's profits to its equity capital. The profitability principle manifests itself especially in the requirement to achieve and maximise profits.

While cost recovery alone is sufficient for the mere *self-preservation* of an economic unit, surpluses are necessary whenever a company strives for internally financed *growth* (of production capacity, sales, etc.). Self-preservation and growth can serve not only to safeguard profits but also to advance other goals such as protecting jobs, presenting a positive public image of the company, etc.

3.3 Prosperity

Although efficiency and profitability are often seen in isolation, when all is said and done they ought to promote prosperity throughout the entire economy. In this context, prosperity means the material welfare of the population and the satisfaction of human needs to the greatest extent possible with goods and services (*satisfaction of demand*). Increases in the satisfaction of demand can in part be seen in the *quantitative growth* of the national product. The national product is defined as the sum of all goods and services expressed in prices. The problem of being exclusively oriented toward the national product is evident, for example, in the fact that car accidents and planned obsolescence increase the national product by increasing sales of goods. In contrast, socially useful activities such as housework or neighbourly help are not included in the national product. As a numerical

schaftshilfe im Sozialprodukt nicht berücksichtigt. Das Sozialprodukt als Zahlenwert hat nur begrenzte Aussagekraft. Zunehmend wird auch *qualitatives Wachstum* gefordert, das sich ausdrücklich an inhaltlichen Werten der Lebensqualität orientiert.

Bei konstanter Bevölkerung und bei gleichbleibendem Kapital- und Arbeitseinsatz kann Wachstum nur durch Verbesserungen in Technik, Organisation und Qualifikation zustande kommen. Ein Ende jeglichen Wachstums bedeutet, dass zusätzlicher Bedarf nicht mehr gedeckt werden kann.

Im Zusammenhang mit der Sicherung und Förderung des Wohlstands werden ferner vor allem die folgenden gesamtwirtschaftlichen Ziele genannt: *Internationale Konkurrenzfähigkeit* ist erforderlich, damit Güter, die es im Inland nicht gibt, in ausreichender Menge aus dem Ausland beschafft werden können. Eine Volkswirtschaft mit hohem Preis- und Lohnniveau ist gezwungen, sich durch hochentwickelte Technik einen Vorsprung vor billiger produzierenden Konkurrenten zu sichern. Zu diesem Zweck vorgenommene Rationalisierungsmaßnahmen stehen jedoch in Konkurrenz zu dem Ziel der Vollbeschäftigung. *Vollbeschäftigung* besagt, dass alle, die arbeiten können und wollen, einen Arbeitsplatz und ein Arbeitseinkommen erhalten. Eine wesentliche Aufgabe technischer Neuerungen besteht darin, den Aufwand an menschlicher Arbeitskraft zu reduzieren. Die Anzahl der zu besetzenden Arbeitsplätze ergibt sich aus dem gesamtwirtschaftlich erforderlichen Arbeitsvolumen und der durchschnittlichen Arbeitszeit der Arbeitnehmer. Vollbeschäftigung kann also prinzipiell durch Vergrößerung des Arbeitsvolumens (z.B. Produktionswachstum, technische Innovationen für neue Bedarfe usw.) wie auch durch Arbeitszeitverkürzungen wiederhergestellt werden. Die arbeitssparenden Auswirkungen der technischen Entwicklung eröffnen aber auch die Möglichkeit, einer Tätigkeit außerhalb des organisierten Wirtschaftsprozesses nachzugehen.

Schließlich besteht *Verteilungsgerechtigkeit* darin, dass alle in angemessenem Umfang am Wohlstand teilhaben. Verteilungsgerechtigkeit kann je nach Standpunkt als Gleichverteilung, als Bedürfnisgerechtigkeit und als Leistungsgerechtigkeit definiert werden; praktisch strebt man eine Verbindung von Bedürfnis- und Leistungsgerechtigkeit an.

3.4 Sicherheit

Sicherheit bei der Entwicklung und Nutzung von technischen Systemen bedeutet hier die Abwesenheit von Gefahren für Leib und Leben. Die Sicherheitsanforderung bezieht sich auf *körperliche Unversehrtheit, Überleben des einzelnen Menschen* sowie das

figure, the national product can tell us only a limited amount. Increasingly, *qualitative growth* is demanded as well, which is expressly oriented toward meaningful values of quality of life.

With a constant population size and constant levels of capital and labour utilisation, growth can take place only by means of improvements in technology, organisation, and training. An end to all growth means that additional demand can no longer be met.

In connection with safeguarding and promoting prosperity, the following macroeconomic goals should be mentioned: *International competitiveness* is necessary in order to be able to acquire sufficient quantities of goods from abroad that are not available domestically. A national economy with high wages and prices is forced to use highly-developed technology to maintain a lead over competitors who can produce more cheaply. However, efficiency measures taken toward this end vie with the goal of full employment. *Full employment* means that all those who are willing and able to work can obtain a job and an income. One essential task of technological innovation consists of reducing the outlay of human labour power. The number of jobs to be filled is a function of the volume of labour necessary throughout the entire economy and the average length of the workweek. In principle, full employment can thus be re-established both by increasing the volume of work (e.g., growth in production, technological innovations for new demands, etc.) and by shortening the workweek. But the labour-saving effects of technological development also open up the possibility of pursuing activities outside of the organised economic process.

Finally, *distributive justice* means that everyone enjoys his or her fair share of prosperity. Depending on one's standpoint, distributive justice can be defined as equal distribution, justice according to needs, or justice according to performance. In practice, a synthesis is sought between justice according to needs and according to performance.

3.4 Safety

Here, safety in the development and use of technological systems means the absence of dangers to life and limb. Safety standards refer to *freedom from bodily harm, survival of the individual human being, and in the long run survival of the entire human race.*

auch langfristige *Überleben der ganzen Menschheit*; unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist auch das Vermeiden von Sachschäden wichtig.

Wegen der Fehlbarkeit der Menschen, der Möglichkeit technischen Versagens und der begrenzten Beherrschbarkeit von Naturvorgängen gibt es grundsätzlich keine absolute Sicherheit. Stets ist mit einer – wenn auch häufig geringen Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens zu rechnen. Daher ist es für die Diskussion der Sicherheitsanforderungen, denen wir die Technik unterwerfen, zweckmäßig, Sicherheit als den reziproken Wert des Risikos zu quantifizieren, das mit technischem Handeln verbunden ist. *Risiko* wird definiert durch das Produkt aus *Schadensumfang* (bzw. Gefahrenpotential) und *Eintrittshäufigkeit* (bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit). Sicherheit ist begrifflich von der Zuverlässigkeit eines technischen Systems zu unterscheiden, da einerseits Gefahren auch beim Normalbetrieb des Systems vorhanden sind und andererseits eine Störung der Funktionsfähigkeit nicht unbedingt zu einer Schädigung von Leib und Leben führen muss.

Es können drei Arten von Risiko unterschieden werden. Das *Betriebsrisiko* betrifft Schäden, die bei störungsfreiem Betrieb und bestimmungsgemäßer Verwendung des technischen Systems entstehen können. Das *Versagensrisiko* bezieht sich auf Schäden, die bei einem Störfall eintreten können. Das *Missbrauchsrisiko* betrifft Schäden, die aus einer nicht bestimmungsgemäßen Verwendung des technischen Systems erwachsen können. So ergibt sich außer der Minimierung des Betriebs- und des Versagensrisikos die zusätzliche Sicherheitsanforderung, die Möglichkeit missbräuchlicher Verwendung mit technischen und anderen Mitteln weitgehend auszuschließen.

Die Entwicklung der Technik hat immer auch dem Zweck gedient, die Menschen vor den Gefahren der übermächtigen Natur zu schützen. Die Technik gab und gibt den Menschen größere Sicherheit bei Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und Stürmen und trägt zum Ausgleich von naturbedingten Unregelmäßigkeiten des Wetters, der Nahrungsmittelproduktion usw. bei. Indem die Lebensbedingungen der Menschen durch Technisierung und Industrialisierung verbessert worden sind, haben sich aber auch durch die Technik neue Gefahren eingestellt, die oft auffälliger sind als die Gefährdung durch Naturkatastrophen.

Wegen eines zu erwartenden Nutzens nimmt man jedoch unter Umständen neue Risiken in Kauf. Daher sagt das Risiko einer bestimmten Technik allein noch wenig über deren Wünschbarkeit aus; vielmehr muss es mit dem erwarteten Nutzen in Beziehung gebracht werden. Da bei der Gegenüberstellung von Nutzen

From an economic standpoint, prevention of property damage is important, as well.

Fundamentally, due to human fallibility, the possibility of technical failure, and the limited controllability of natural processes, there is no such thing as absolute safety. One must always take into account a certain probability – albeit often a low one – that damage will occur. It is thus expedient for the discussion of safety standards – to which technology must conform – to quantify safety as the reciprocal value of the risk associated with technical action. *Risk* is defined as the product of the *extent of damage* (or potential for danger) and the *frequency of occurrence* (or probability of event). Safety should be conceptually distinguished from the reliability of a technological system, since on the one hand dangers are present even when the system functions normally, and on the other hand a disruption of functionality will not necessarily result in harm to life and limb.

Three types of risks can be distinguished. *Operating risk* refers to the damage that can arise with trouble-free operation and appropriate use of the technological system in question. *Failure risk* refers to damage that can occur in case of a breakdown. *Misuse risk* refers to damage that can arise from inappropriate use of the technological system. Thus, apart from minimising operating risk and failure risk, there is an additional safety requirement to eliminate the possibility of inappropriate use to the extent possible by technological and other means.

The development of technology has also always served the purpose of protecting human beings from the dangers of an all too strong nature. Technology has given and continues to give humans greater safety in natural catastrophes such as floods and storms, and it helps compensate for the natural unpredictability of weather, food production, etc. But even as human living conditions have been improved by mechanisation and industrialisation, new dangers due to technology have appeared that are often more conspicuous than endangerment by natural catastrophes.

However, one might possibly accept new risks due to an anticipated benefit. Therefore, taken in itself, the risk of a particular technology does not say much about its desirability; instead, it must be weighed against the anticipated benefit. But since it is impossible to find an objective, uniform evaluation standard

und Risiko ein objektiver, einheitlicher Bewertungsmaßstab aber nicht zu finden ist, empfiehlt es sich, nur die Risiken solcher Techniken miteinander zu vergleichen, die auch einen vergleichbaren Nutzen haben. So kann man die Risiken von Kern- und von Kohlekraftwerken miteinander vergleichen, da beide der Stromerzeugung dienen. Dagegen sind Risikovergleiche zwischen Techniken, die unterschiedlichen Zwecken dienen (z.B. zwischen Kernenergie-technik und Individualverkehr mit Kraftfahrzeugen), sowie zwischen bestimmten Techniken und unaufhebbaaren Naturereignissen (z.B. zwischen Kernkraftwerken und Meteoriteneinschlägen) problematisch; solche Vergleiche geben zwar einen Eindruck von der Größenordnung der Risiken, sind aber von geringerer Aussagekraft für politische und gesellschaftliche Entscheidungsprozesse.

Man kann technische Systeme sukzessiv sicherer machen, indem man Lehren aus eingetretenen Schadensfällen in die weitere Entwicklung einbezieht. Bei der Planung technischer Großprojekte muss man heute wegen ihres erheblichen Gefahrenpotentials die Risiken in stärkerem Maße vorausschauend erfassen, um durch geeignete Maßnahmen die Eintrittswahrscheinlichkeit gering zu halten. In DIN 31 000 wird gefordert: „Bei der sicherheitsgerechten Gestaltung ist derjenigen Lösung der Vorzug zu geben, durch die das Schutzziel technisch sinnvoll und wirtschaftlich am besten erreicht wird. Dabei haben sicherheitstechnische Erfordernisse den Vorrang vor wirtschaftlichen Überlegungen.“ Auch werden heute Forderungen vorgetragen, dass das Gesamtrisiko durch die technische Entwicklung nicht wachsen soll und dass späteren Generationen keine Risiken vererbt werden sollen, die die Menschen heute nicht zu tragen bereit sind.

Nun entspricht das tatsächliche Risikoverhalten nicht solchen rechnerisch ermittelten Risiken. Bei individuellem Handeln (wie z.B. dem Autofahren) ist die Risikobereitschaft wesentlich höher als bei Risiken, die dem einzelnen von anderer Seite auferlegt werden (z.B. beim Bau großer technischer Anlagen). Vertraute Risiken werden eher akzeptiert als neue, selbst wenn die ersteren größer sind. Erhöhte Risikobereitschaft, Risikogewöhnung und Selbstüberschätzung bergen damit Gefahren in sich, denen durch Aufklärung entgegengewirkt werden kann.

In einer demokratischen Gesellschaft ist die Bereitschaft der Betroffenen, Risiken hinzunehmen, für die Bestimmung des zu tolerierenden Risikos maßgeblich, auch wenn die Risikowahrnehmung durch emotionale und irrationale Faktoren mitbedingt ist. Grenzwerte für Risiken müssen in einem gesellschaftlichen und politischen Bewertungsprozess fest-

for comparing risks and benefits, it is advisable only to compare the risks of technologies that have comparable benefits. One can thus compare the risks of nuclear and coal power plants, since both produce electricity. In contrast to this, risk comparisons between technologies that serve different purposes (e.g., nuclear energy technology and personal transportation with motor vehicles) or between particular technologies and inevitable natural events (e.g., nuclear power plants and meteorite strikes) are problematic. Such comparisons do give an impression of the magnitude of risk, but they provide little information of use for political and social decision-making processes.

One can make technological systems gradually safer by including lessons from previous accidents in further development. In today's planning of large-scale technological projects, one must proactively apprehend the risks to a greater degree, due to their significant potential for danger, in order to take appropriate steps to keep the probability of event low. DIN 31 000 requires: "In design that takes safety into account, the solution to be preferred is the one that best achieves the protection goal in a technically rational and economical manner. Technical safety requirements take priority over economic considerations here." Today, in addition to this, demands are asserted that the overall risk level should not grow due to technological development and that future generations should not inherit risks that people are unwilling to assume today.

Yet, actual risk behaviour does not correspond to objectively computed risks. The willingness to assume risks is significantly greater for individual action (e.g., driving a car) than for risks that are imposed on individuals from some other source (e.g., construction of large-scale technological systems). Familiar risks are more readily accepted than new ones, even if the former are greater. Increased readiness to assume risks, becoming accustomed to risks, and overestimation of one's own abilities all involve risks that can be counteracted with education.

In a democratic society, the readiness of affected parties to accept risks is decisive for determining what risk will be tolerated, even if the perception of risk is partially shaped by emotional and irrational factors. Limiting values for risks must be established in a social and political process of evaluation, in which a separate consideration of potential for danger and

gelegt werden, wobei auch eine getrennte Betrachtung von Gefahrenpotential und Eintrittswahrscheinlichkeit vorgenommen werden kann. Eine mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden durchgeführte quantitative Abschätzung von Risiken, die auch menschliches Fehlverhalten berücksichtigen muss, kann für diesen Prozess Argumente liefern, ihn aber nicht ersetzen.

3.5 Gesundheit

Gesundheit bedeutet hier den Zustand des *psychischen und körperlichen Wohlbefindens* des Menschen. Sie kommt nicht nur in objektiv feststellbaren Faktoren zum Ausdruck, sondern auch in der Wahrnehmung, die jeder von sich selbst hat. Gesundheit zeigt sich in psychophysischer Widerstandskraft, d. h. in der Fähigkeit, auf innere und äußere Belastungen angemessen zu reagieren. Das individuelle und allgemeine Empfinden von Gesundheit und Krankheit ist relativ, an unterschiedliche Zeiten, Umwelten und Kulturen gebunden. Beispielsweise haben Leistungen der Technik für die Gesundheit zu höheren Ansprüchen an das Wohlbefinden geführt.

Die Gesundheit kann durch natürliche und gesellschaftliche Faktoren – häufig vermittelt über Technik – beeinflusst werden. Die Technik vermindert natürliche Gesundheitsgefährdungen und hilft durch Anwendung in der Medizin, die Gesundheit zu sichern; andererseits kann sie die menschliche Gesundheit auch gefährden. Die technische, wissenschaftliche und medizinische Entwicklung hat vor allem in den letzten beiden Jahrhunderten dazu geführt, dass Seuchen eingedämmt, die Kindersterblichkeit vermindert und die mittlere *Lebenserwartung* beträchtlich erhöht wurden; in hochtechnisierten Ländern ist die Gesundheit besser geschützt als in geringer technisierten. Allerdings hat der Anstieg der mittleren Lebenserwartung zur globalen Bevölkerungsexplosion beigetragen und damit das Problem aufgeworfen, wie die Bevölkerungszahl in Grenzen gehalten werden kann.

Technische Produkte und Verfahren können aber auch die Gesundheit gefährden, sowohl bei Herstellung und Gebrauch technischer Systeme als auch durch die dabei auftretenden allgemeinen Umweltbelastungen.

Bei Produktionsprozessen gilt es, außer den Unfallgefahren (siehe Abschnitt „Sicherheit“) die *durch Berufstätigkeit bedingten Krankheiten* zu minimieren. Die anerkannten Berufskrankheiten, wie z. B. Lärmschwerhörigkeit oder Zahnerkrankungen als Folge des Umgangs mit Säuren, zeigen, dass es Herstellungsprozesse und gefährliche Arbeitsstoffe gibt, die die Gesundheit belasten können, während das Endprodukt zum Wohlbefinden beiträgt. Auch durch die

probability of event can be undertaken. A quantitative assessment of risk using scientific methods, which must also take human error into consideration, can provide arguments for this process but cannot replace it.

3.5 Health

Here, health means the condition in which individuals enjoy *physical and psychological well-being*. This is expressed not only in objectively ascertainable factors but also in the perception that each person has of himself or herself. Health is manifested in psychophysical resistance, i. e., in the capacity to react appropriately to internal and external stress. Individual and general feelings of health and illness are relative, tied to different times, environments, and cultures. For example, the achievements of health technology have led to higher standards of well-being.

Health can be affected by natural and social factors – frequently mediated by technology. On the one hand, technology reduces natural dangers to health and helps safeguard health with medical applications. On the other hand, technology can also endanger human health. Especially in the past two centuries, technological, scientific, and medical development has led to the containment of epidemics, the reduction of child mortality, and a considerable increase in the mean *life expectancy*. Health is better protected in highly-technologised countries than in those that are less so. However, the increase in mean life expectancy has contributed to the global population explosion and thus brought up the problem of how the population can be kept within limits.

Technological products and processes can also endanger health, both in the production and use of technological systems and in the resultant general strain on the environment.

In production processes it is necessary to minimise *occupational disease* along with the danger of accidents (see the "Safety" Section). The recognised occupational diseases, such as deafness due to loud noise or dental disease as a result of working with acids, show that there are production processes and dangerous work materials that can strain health even as the final product contributes to well-being. Health can also be affected by work organisation. For exam-

Organisation der Arbeit kann die Gesundheit beeinträchtigt werden; so kann z.B. Schichtarbeit zu Schlafstörungen führen, und allgemeine Überforderung kann Stresssymptome hervorrufen.

Im Alltag kann die Gesundheit durch unzureichend gestaltete technische Produkte gefährdet werden, z.B. durch Sitze, die zu Rückenbeschwerden führen. Die Technisierung kann auch zur ungesunden *Lebensführung* verleiten: Bewegungsmangel hängt auch mit der Verkehrsinfrastruktur, übermäßige und falsche Ernährung mit der industriellen Lebensmittelproduktion und Schlafmangel mit einem großen Medienangebot zusammen.

Gesundheitsgefährdungen ergeben sich auch durch *umweltbelastende Produkte und Produktionsprozesse*, denen sich kaum jemand entziehen kann. So können bei manchen Produktionsprozessen emittierte Schwermetalle über die Nahrungskette in den menschlichen Körper gelangen und bei Überschreitung bestimmter Konzentrationen die Gesundheit schädigen. Ein weiteres gravierendes Problem ist auch die Belastung durch den Verkehrslärm. Und schließlich haben die durch Technik mitbeeinflussten Ausprägungen sozialer Beziehungen Auswirkungen auch im psychosomatischen Bereich.

3.6 Umweltqualität

Der Begriff der Umwelt bezeichnet allgemein die für eine Lebensinheit (Individuum, Kollektiv, Gattung) jeweils bedeutsamen, zusammenhängenden Teile und Aspekte der umgebenden Welt. Sie umfassen außer den natürlichen auch kulturelle Komponenten, zu denen u. a. die Technik gehört. Im Folgenden soll unter Umweltqualität die Beschaffenheit der natürlichen Umgebung verstanden werden, auch wenn es heute auf der Erdoberfläche kaum noch unberührte Natur gibt. Es geht hier also um die Qualität der durch Technik mehr oder weniger umgestalteten Natur.

Angesichts der Folgen technischer Eingriffe in die natürliche Umwelt sind vor allem zwei grundsätzliche Wertstandpunkte zum Umweltschutz entwickelt worden:

- Für den einen (anthropozentrischen) Standpunkt ist die Natur letztlich Mittel zum Zweck für den Menschen: Nur das Eigeninteresse des Menschen sei maßgebend dafür, in welchem Umfang Natur verändert oder bewahrt wird.
- Für den anderen (physiozentrischen) Standpunkt ist die Natur Selbstzweck und besitzt einen Eigenwert: Daher müsse ihr prinzipiell ein Eigenrecht zuerkannt werden, das dem Bearbeitungsrecht des Menschen gleichrangig, wenn nicht gar übergeordnet ist.

ple, shift work can lead to insomnia, and general overtaxation can give rise to stress-related symptoms.

In daily life, health can be endangered by inadequately designed technological products, e.g., by seats that lead to back problems. Technisation can also encourage an unhealthy *lifestyle*: lack of exercise is related in part to the traffic infrastructure; excessive food consumption and poor nutrition are related to the industrial production of food; and lack of sleep is related to the wide variety of media offerings.

Dangers to health also result from *ecologically harmful products and production processes*, which hardly anyone can escape. For example, heavy metals emitted during some production processes can enter the human body via the food chain and can harm health if they exceed certain concentrations. Another serious problem is the stress caused by traffic noise. And the qualities of social relationships that are partly influenced by technology have effects in the psychosomatic area, as well.

3.6 Environmental quality

The concept of the environment generally denotes those interconnected parts and aspects of the surrounding world that are significant for a particular unit of life (individual, group, species). These encompass not just natural but also cultural components, which in their turn include (among others) technology. In the following, environmental quality is to be understood as the state of the natural environment, although there are hardly any areas on the earth today where nature has remained untouched. The quality in question here thus pertains to a natural world that has been more or less transformed by technology.

In light of the impacts of technological interventions in the natural environment, two basic value perspectives on environmental protection have been developed:

- In the first (anthropocentric) perspective, nature is basically a means to an end for humanity. Human beings' own interest is solely decisive regarding the extent to which nature is transformed or protected.
- In the second (physiocentric) perspective, nature is an end in itself and has an inherent value. Therefore, on principle nature must be accorded a right of its own that is at least of equal rank or even superordinate to the right of human beings to transform it.

Unabhängig von der grundsätzlichen Einstellung zu diesen Positionen lassen sich praxisbezogene Einsichten und Forderungen zum Verhältnis von Technik und natürlicher Umwelt formulieren, die mit beiden Standpunkten vereinbar sind: Menschliches Leben ist auf Technik angewiesen, und jede Art von Technik greift in Naturgegebenheiten ein. In der Vergangenheit hat der Mensch Technik auch deshalb entwickelt, um sich vor Gefährdungen durch die unbelebte und belebte Natur zu schützen. Mit der Technikentwicklung haben sich diese Gefährdungen vermindert, während die menschlichen Eingriffe in die Natur zugenommen haben. Der Mensch verändert und gestaltet die Erdoberfläche durch Städte-, Straßen- und Landbau, durch Stauseen, Abbau von Bodenschätzen usw. Aufgrund der Bevölkerungsexplosion und der Ausbreitung von Industrie und Technik kommt es zu einer zunehmenden Zerstörung von Naturlandschaften sowie zur Vernichtung von Tier- und Pflanzenarten. Darüber hinaus ist der Mensch mit seiner Technik zu einem die Evolution mitbestimmenden Faktor geworden. Heute ist daher die Natur weit mehr durch den Menschen gefährdet als der Mensch durch die Natur. Aus dieser Situation heraus ergibt sich eine neue und besondere Verantwortung des Menschen für *Landschafts- und Artenschutz*, wobei er auch auf bestimmte technische Mittel zurückgreifen kann.

Geboten ist ferner ein *sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen* (Energiesparen, rohstoffsparendes Konstruieren und Fertigen, Recycling, Verlängerung der Lebensdauer von Produkten usw.) sowie die *Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten* (Abwasser- und Abgasreinigung, Abfallverwertung usw.). Verstöße gegen diese Forderungen schränken die Lebensbedingungen späterer Generationen ein, daher sollten möglichst keine irreversiblen Umweltschäden hinterlassen werden.

3.7 Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität

Persönlichkeitsentfaltung bedeutet, dass der Mensch seine Anlagen, Fähigkeiten und Neigungen im Wechselspiel mit seiner Umgebung so weit wie möglich verwirklicht; als soziales Wesen kann er dies nur im Zusammenleben und Zusammenwirken mit anderen Menschen. Die Persönlichkeitsentfaltung des Einzelnen findet da ihre Grenze, wo Entfaltungsmöglichkeiten für andere über Gebühr eingeschränkt werden. Die Beschaffenheit der zwischenmenschlichen Beziehungen sowie der überpersönlichen Verhältnisse und Einrichtungen, die aus diesem Zusammenwirken von Individuen und Gruppen entstehen, bezeichnet man als Gesellschaftsqualität. Die arbeitsteilig eingesetzte Technik hat großen Einfluss auf diese Gesellschaftsqualität.

Independent of one's basic attitude toward these positions, it is possible to formulate practice-oriented insights and requirements concerning the relationship between technology and the natural world that are compatible with both perspectives. Human life has to rely on technology, and every type of technology intervenes in natural conditions. In the past, one reason why humans developed technology was to protect themselves from danger posed by animate and inanimate nature. These dangers have diminished with technological development, while human interventions in nature have increased. Humans alter and form the surface of the earth by building cities and roads, as well as with agriculture, reservoirs, mining, etc. The population explosion and the spread of industry and technology result in the increasing destruction of natural landscapes and extinction of animal and plant species. Moreover, with their technology humans have become a factor that partially determines evolution. Today, nature is endangered by humans far more than vice versa. This situation results in a new and special human responsibility for the *protection of landscapes and species*, in which humans can also rely on certain technological means.

Other imperatives are the *thrifty use of natural resources* (saving energy, saving on raw materials in design and manufacturing, recycling, extending the lifespan of products, etc.) as well as the *minimisation of emissions, of their impacts, and of waste disposal* (effluent and waste gas cleaning, waste utilisation, etc.). Violations of these requirements constrain the living conditions of future generations; thus, if at all possible, no irreversible environmental damage should be bequeathed to them.

3.7 Personality development and societal quality

Personality development means that a human being can fulfil his or her talents, capabilities, and inclinations to the greatest extent possible in interplay with his or her surroundings. As a social animal, he or she can do this only by living and interacting with other humans. An individual's personality development reaches its limits at the point where it would excessively restrict another person's developmental possibilities. The character of interpersonal relationships and of the suprapersonal circumstances and institutions that arise from the interaction of individuals and groups is referred to as societal quality. Technology, organised in a division of labour, has a great influence on societal quality.

Die menschliche Gemeinschaft und die gesellschaftlichen Organisationsformen vermitteln dem Einzelnen *Geborgenheit, soziale Sicherheit und Solidarität*; das Subsidiaritäts- oder Sozialstaatlichkeitsprinzip trägt dem Rechnung. Nur in *Sozialkontakten* kann der Einzelne die Wertschätzung seiner persönlichen Eigenart und seiner persönlichen Leistungen erfahren. Deshalb ist es gefährlich, wenn bestimmte Formen der Automatisierung und der neuen Medien Menschen am Arbeitsplatz oder im privaten Bereich übermäßig isolieren.

Eine Vorbedingung für Persönlichkeitsentfaltung ist *Handlungsfreiheit*; sie besteht darin, dass man zwischen mehreren Möglichkeiten wählen kann. In der Arbeitswelt bedeutet dies z.B. eine möglichst große Freiheit bei der Gestaltung der Arbeitszeit und bei der Durchführung von anvertrauten Arbeiten. Nur so kann sich *Kreativität* entfalten, d.h. die menschliche Fähigkeit, neue Vorstellungen zu entwickeln und neue Dinge hervorzubringen. Kreativität ist nicht nur eine wichtige Bedingung technischen Handelns, sondern kann umgekehrt auch durch technische Systeme behindert oder gefördert werden.

Die Emanzipation des Individuums seit der Aufklärung und die durch Technik gewachsenen Handlungs- und Erlebnismöglichkeiten der Einzelnen haben aber auch zur Auflösung allgemeinverbindlicher Wertsysteme beigetragen. Früher hat man nicht nur in gemeinsamen Grundüberzeugungen, sondern auch in den Ergebnissen künstlerischen und handwerklichen Gestaltens die *kulturelle Identität* einer Gesellschaft gefunden, die jeweils geschichtliche und regionale Besonderheiten aufwies. Inzwischen hat die Technisierung in ihrer weltweiten Gleichartigkeit solche kulturellen Unterschiede vermindert und an deren Stelle Elemente einer einheitlichen Weltkultur gesetzt, die aber keine eindeutigen Sinnorientierungen vermittelt. Es besteht die schwierige Aufgabe, das soziale Zusammenleben in einer durch Technik geprägten Gesellschaft so zu organisieren, dass die Handlungsfreiheit der Einzelnen möglichst wenig eingeschränkt, andererseits aber auch ein notwendiges Maß an *Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit* gewährleistet wird. Dies ist nur erreichbar, wenn es in der Gesellschaft eine *Mindestübereinstimmung* über allgemeine Werte gibt; dazu gehört z.B. die *Gerechtigkeit*, die auch bei der Verteilung und Nutzung technischer Güter zu beachten ist. Bei aller Auslegungsbedürftigkeit spielen dafür die Grundsätze der Verfassung eine wichtige Rolle. Technikpolitische Entscheidungen sind nicht nur Sache der „Experten“; allen Bürgern kommt daran eine *Beteiligung* zu, allerdings eingeschränkt durch die wirtschaftliche und gesellschaftliche Arbeitsteilung und durch die Delegation politischer Verantwortung. Technikpoliti-

Human society and forms of social organisation give individuals a *sense of safety, social security, and solidarity*; the principle of subsidiarity and the principle of the social welfare state take this into account. Only through *social contacts* can the individual experience high esteem for his personal uniqueness and personal accomplishments. It is therefore dangerous if certain forms of automation and new media excessively isolate people at work or in their personal lives.

A precondition for personality development is *freedom of action*; this consists of being able to choose among a variety of possibilities. In the workplace, for example, this means as much freedom as possible in setting one's working hours and in carrying out the work with which one has been entrusted. Only in this way can *creativity* develop, i.e., the human capacity for developing new ideas and bringing forth new things. Creativity is not just an important condition of technical action; conversely, it can also be hampered or encouraged by technological systems.

However, the emancipation of the individual since the Enlightenment and the individual possibilities for action and experience that have grown due to technology have also contributed to the disintegration of generally binding value systems. In former times, the *cultural identity* of each society (which displayed historical and regional peculiarities) could be found not only in shared basic convictions but also in the products of artistic and technical creation. By now, technisation with its global uniformity has diminished such cultural differences and replaced them with elements of a homogenous global culture, which however does not convey an unambiguous orientation of meaning. The difficult task consists in organising social co-existence in a technologically-shaped society in such a way that the individual's freedom of action is limited as little as possible, yet a necessary degree of *order, stability, and regularity* is assured. This is attainable only if there is a *minimal consensus* on common values in society; this includes, for example, *justice*, which is to be observed in the distribution and use of technological goods, as well. Despite their need for interpretation, the basic principles of the constitution play an important role here. Decisions in technology policy are not solely a matter for the "experts"; at this junction, all citizens have an entitlement to *participation*, which is however restricted due to the economic and social division of labour and the delegation of political responsibility. Technology policy has an obligation toward the *controllability* of technology. This means that technology must not be permitted to develop in an uncontrolled manner, ac-

sche Maßnahmen müssen dem Ziel der *Beherrschbarkeit* der Technik verpflichtet sein, das heißt, Technik darf sich nicht unkontrolliert und quasi eigen-gesetzlich entwickeln. Kontrolle der Technik, was häufig heißt: ihrer Hersteller, Betreiber und Anwender, kann aber in einer hoch differenzierten und arbeitsteiligen Gesellschaft nur bis zu einem gewissen Grad ausgeübt werden. Ebenso wichtig wie die Kontrolle ist das komplementäre Element des Vertrauens. Ohne funktionierende Kontrolle und ohne ein durch verantwortungsbewusstes Handeln gerechtfertigtes Vertrauen kann eine hochtechnisierte Industriegesellschaft nicht bestehen.

Bei einer weit getriebenen Arbeitsteilung und der Kompliziertheit der Technik geht häufig die *Überschaubarkeit*, Verstehbarkeit und Erlebbarkeit technischer Prozesse verloren. In stark arbeitsteilig organisierten Bereichen wie in der Verwaltung können aber heute durch die elektronische Datenverarbeitung Arbeitsvorgänge, die in der Vergangenheit aufgeteilt wurden, wieder zusammengeführt und damit abwechslungsreicher und weniger monoton gestaltet werden. Weitere Faktoren für die Beurteilung der Beherrschbarkeit und Überschaubarkeit der Technik sind die Größe der Einheiten und ihr Zentralisierungsgrad, was nicht bedeutet, dass kleine und dezentrale Einheiten immer beherrschbarer und überschaubarer wären als große und zentrale. Zum Beispiel können regionale und nationale Eisenbahnnetze mit unterschiedlichen Spurweiten und nicht abgestimmten Fahrplänen Fernreisen mit der Eisenbahn aufs äußerste erschweren. Eine Spezifizierung von Handlungsfreiheit stellen *Informations- und Meinungsfreiheit* dar. Kommunikations- und Informationsmöglichkeiten als wichtige Voraussetzungen des menschlichen Zusammenlebens und der Persönlichkeitsentfaltung sind durch die technische Entwicklung, z. B. durch Telefon, Fernsehen, Rundfunk und den Ausbau der Verkehrssysteme, erweitert worden.

Diese Entwicklung bringt aber auch Gefahren und negative Wirkungen mit sich, die sich nicht unbedingt aus der zur Verfügung stehenden Technik ergeben, sondern aus ihrer gesellschaftlichen Ausgestaltung und der Art ihrer Nutzung. Das Fernsehen erweitert zwar die Informationsmöglichkeiten; es kann aber auch manipulativ missbraucht werden. Auch kann es zur Verringerung zwischenmenschlicher Beziehungen in der Familie oder zur Vereinsamung Alleinstehender führen. Aufgrund der vergrößerten Bewegungsfreiheit können zwar mehr Kontakte stattfinden, aber intensivere Begegnungen können sich vermindern.

Eine demokratische Öffentlichkeit bedarf der *Transparenz* gesellschaftlich bedeutsamer Vorgänge. So

ording to laws of its own. But in a highly-differentiated society with a complex division of labour, control of technology – which often means control of its producers, operating authorities, and end users – can only be exercised up to a certain degree. Just as important as control is the complementary element of trust. Without effective control, and without trust that is justified by responsible action, a highly-technologised industrial society cannot continue to exist.

With an elaborate division of labour and the complexity of technology, the *comprehensibility* and understandability of technological processes and the capacity to experience them can be lost. However, in areas with a high division of labour, such as administration, today electronic data processing can be used to bring together work processes that were previously separated, making them more varied and less monotonous. Additional factors for evaluating the controllability and comprehensibility of technology are the size of units and the degree of centralisation, although this does not mean that small and decentralised units are always easier to control and comprehend than are large and centralised ones. For example, regional and national railway networks with different gauges and uncoordinated schedules can make long trips with the train exceedingly difficult. *Freedom of information and opinion* represent special cases of freedom of action. Communicative and informational options – which are important preconditions for human co-existence – have been expanded by technological development, e. g., by the telephone, television, radio, and extension of transportation systems.

This development also brings with it dangers and negative effects, however, that do not necessarily result so much from the technology available as from its societal organisation and the way in which it is used. Television does indeed expand informational options, but it can also be abused to manipulate viewers. It can also lead to a diminution of interpersonal relationships in the family or to single people becoming isolated. Due to increased freedom of mobility, more contacts can take place but at the same time more intensive encounters may decrease.

A democratic public sphere requires *transparency* of socially significant processes. In a complex social

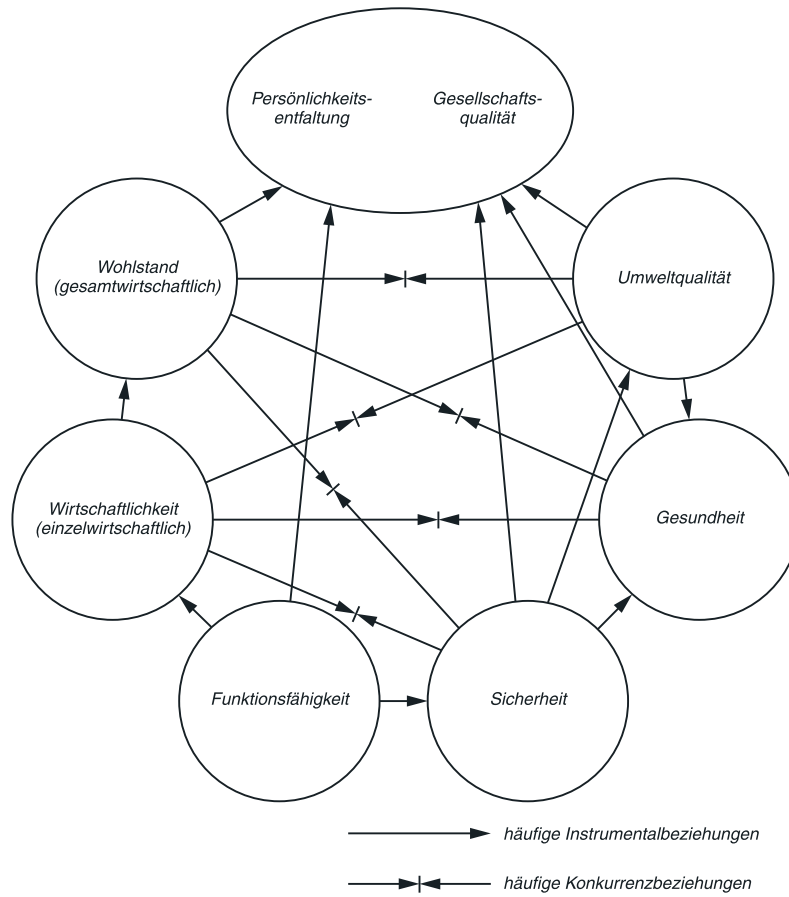


Bild 3. Werte im technischen Handeln

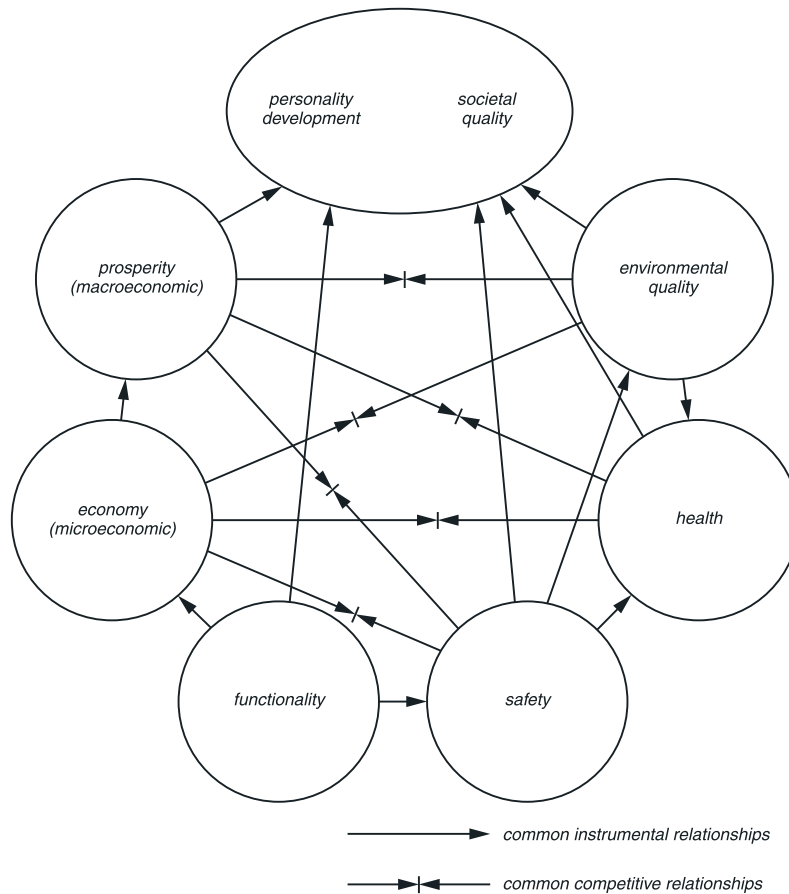


Fig. 3. Values in technical action

Tabelle 1. Auflistung der im Text genannten Werte

<p>Funktionsfähigkeit Brauchbarkeit Machbarkeit Wirksamkeit Perfektion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfachheit • Robustheit • Genauigkeit • Zuverlässigkeit • Lebensdauer • technische Effizienz • Wirkungsgrad • Stoffausnutzung • Produktivität <p>...</p>	<ul style="list-style-type: none"> • des Betriebsrisikos • des Versagensrisikos • des Missbrauchsrisikos <p>...</p>
<p>Wirtschaftlichkeit (einzelwirtschaftlich) Wirtschaftlichkeit im engeren Sinn, besonders Kostenminimierung Rentabilität, besonders Gewinnmaximierung Unternehmenssicherung Unternehmenswachstum</p> <p>...</p>	<p>Gesundheit Körperliches Wohlbefinden Psychisches Wohlbefinden Steigerung der Lebenserwartung Minimierung von unmittelbaren und mittelbaren gesundheitlichen Belastungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • in der Berufsarbeit • in der privaten Lebensführung • durch umweltbelastende Produkte und Produktionsprozesse <p>...</p>
<p>Wohlstand (gesamtwirtschaftlich) Bedarfsdeckung Quantitatives bzw. qualitatives Wachstum Internationale Konkurrenzfähigkeit Vollbeschäftigung Verteilungsgerechtigkeit</p> <p>...</p>	<p>Umweltqualität Landschaftsschutz Artenschutz Ressourcenschonung Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten</p> <p>...</p>
<p>Sicherheit Körperliche Unversehrtheit Lebenserhaltung des einzelnen Menschen Lebenserhaltung der Menschheit Minimierung des Risikos (Schadensumfang und Eintrittswahrscheinlichkeit)</p>	<p>Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität Handlungsfreiheit Informations- und Meinungsfreiheit Kreativität Privatheit und informationelle Selbstbestimmung Beteiligungschancen Beherrschbarkeit und Überschaubarkeit Soziale Kontakte und soziale Anerkennung Solidarität und Kooperation Geborgenheit und soziale Anerkennung Kulturelle Identität Minimalkonsens Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit Transparenz und Öffentlichkeit Gerechtigkeit</p> <p>...</p>

werden als Grundlagen für Planungen und Regelungen in einem komplexen Gesellschaftssystem auch Daten über die Bürger benötigt. Der technische Fortschritt hat dabei Möglichkeiten der Datensammlung und -auswertung eröffnet, deren volle Ausnutzung *Privatheit* weitgehend einschränken würde. Der Schutz der Privatheit, als eines relativ abgeschlossenen Bereichs persönlicher Lebensführung, erfordert auch *informationelle Selbstbestimmung*, d.h. die Entscheidung darüber, welche persönlichen Daten an andere gelangen dürfen.

3.8 Beziehungen zwischen den Werten

Zwischen allen in Abschnitt 3 dargestellten Wertebereichen bestehen mittelbare oder unmittelbare Beziehungen. In Bild 3 sind – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – häufige Instrumental- und Konkurrenzbeziehungen zwischen diesen Wertebereichen dargestellt. Je nach Kontext können hier außer Konkurrenzbeziehungen (z.B. zwischen Wirtschaftlichkeit und Umweltqualität) auch Instrumentalbeziehungen auftreten (z.B. wenn ein Unternehmen Umwelttech-

system, data on citizens is required as the basis for planning and regulation. Here, technological progress has opened up possibilities for collecting and analysing data, which – if fully exploited – would impose far-reaching restrictions on *privacy*. The protection of privacy as a relatively self-contained realm for conducting one's personal life also requires *informational self-determination*, i.e., the ability to decide which personal data others can access.

3.8 Relationships among values

There are direct or indirect relationships among all the value domains described in Section 3. Without claiming to be comprehensive, Figure 3 shows common instrumental and competitive relationships among these value domains. Depending on the context, not only competitive relationships (e.g., between economy and environmental quality) but also instrumental relationships (e.g., a company producing environmental technology) can appear here. Each

Table 1. List of values mentioned in the text

<p>Functionality Usefulness Feasibility Effectiveness Perfection</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplicity • Robustness • Precision • Reliability • Life-span • Technical efficiency • Energetic efficiency • Yield of materials • Quantitative productivity <p>...</p> <p>Economy (microeconomic) Economic efficiency, especially cost minimisation Profitability, especially profit maximisation Company self-preservation Company growth</p> <p>...</p> <p>Prosperity (macroeconomic) Satisfaction of demand Quantitative and/or qualitative growth International competitiveness Full employment Distributive justice</p> <p>...</p> <p>Safety Freedom from bodily harm Survival of the individual human being Survival of the entire human race Minimisation of risk (extent of damage and probability of event) for</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Operating risk • Failure risk • Misuse risk <p>...</p> <p>Health Physical well-being Psychological well-being Increase in life expectancy Minimisation of direct and indirect stress on health from</p> <ul style="list-style-type: none"> • Occupational work • Personal lifestyle • Ecologically harmful products and production processes <p>...</p> <p>Environmental Quality Protection of landscapes Protection of species Thrifty use of natural resources Minimisation of emissions, of their impacts, and of waste disposal</p> <p>...</p> <p>Personality Development and Societal Quality Freedom of action Freedom of information and opinion Creativity Privacy and informational self-determination Opportunities for participation Controllability and comprehensibility Social contacts and social recognition Solidarity and co-operation Sense of safety and social security Cultural identity Minimal consensus Order, stability, and regularity Transparency and the public sphere Justice</p>
--	--

nik herstellt). Bei jeder konkreten Technikbewertung stellt sich die Aufgabe, die für diesen Fall relevanten Wertbereiche und Ziele zu bestimmen, sowie die Beziehungen, die zwischen diesen bestehen (siehe Abschnitt 4.2.3 Bewertung).

4 Methoden der Technikbewertung

Methoden sind geregelte Vorgehensweisen, deren man sich bedient, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen oder um eine vorgegebene Aufgabenstellung zu erfüllen. Im Folgenden geht es nicht um konkrete Handlungsanweisungen für den Einzelfall, sondern um allgemeine methodische Prinzipien der Technikbewertung. Im Idealfall sollten alle Technikbewertungsprozesse methodisch strukturiert sein. Tatsächlich gibt es ein breites Spektrum von mehr oder weniger methodischen Technikbewertungsprozessen, wobei die Art der methodischen Durchführung auch von der jeweils ausführenden Institution abhängt. Im Folgenden wird insbesondere der Fall wissenschaft-

concrete technology assessment has the task of identifying the relevant value domains and goals, as well as the interrelationships that exist among them (see Section 4.2.3 Evaluation).

4 Methods of technology assessment

Methods are systematic procedures used to achieve a particular goal or to fulfil a given task. The following deals not with concrete instructions for assessing an individual case but with general methodological principles for technology assessment. In the ideal case, all technology assessment processes should be methodically structured. In actual practice, there is a broad spectrum of more or less methodical technology assessment processes; the type of method used for a particular assessment depends, among other things, on the institution carrying it out. The following will mainly treat the case of scientific, methodical technology assessment.

licher, methodisch betriebener Technikbewertung behandelt.

Ihrer Natur nach lässt sich Technikbewertung nicht durch eine einzige Methode erreichen. Man ist stets auf eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden angewiesen, die je nach der Lage des Falles kombiniert anzuwenden sind. Die einzelnen Methoden ergänzen einander, und keine kann beanspruchen, die schlechthin maßgebliche zu sein. Dieser Methodenpluralismus beruht darauf, dass alle technischen Handlungen von vielfältigen natürlichen und gesellschaftlich-kulturellen Bedingungen abhängen und vielfältige Folgen für Natur und Gesellschaft haben (siehe Abschnitt 2). Bei einer erschöpfenden Technikbewertung müssten sowohl alle natur- und ingenieurwissenschaftlichen als auch sämtliche wirtschafts-, sozial- und geisteswissenschaftlichen Gesichtspunkte berücksichtigt werden; dieses Ideal lässt sich nie vollständig erreichen. Man ist stets angewiesen auf vereinfachende theoretische Modellvorstellungen, die bestimmte Sachverhalte zur Geltung bringen, aber dafür unvermeidlich andere Zusammenhänge unberücksichtigt lassen. Auf diesem Prinzip beruht die Arbeitsteilung zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen. Deshalb fließen auch die entsprechenden einzelwissenschaftlichen Methoden in den interdisziplinären Technikbewertungsprozess ein; indes gibt es keine spezifischen Methoden, die ausschließlich für Probleme der Technikbewertung gelten. Gleichwohl müssen bei einer weitgefassten Technikbewertung die verschiedenen Methoden der Einzelwissenschaften in einen einheitlichen Zusammenhang gebracht werden.

4.1 Typen der Technikbewertung

Je nach der Fragestellung, die zur Bewertung von Techniken führt, kann man zwischen probleminduzierter und technikinduzierter Technikbewertung unterscheiden.

Bei der *probleminduzierten Technikbewertung* geht es darum, für gesellschaftlich vorgegebene Aufgaben geeignete technische Lösungen zu ermitteln und diese hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile miteinander zu vergleichen. Die Art der in Betracht zu ziehenden Lösungen wird durch die Aufgabenstellung eingegrenzt. Diese Lösungen können auf neuen oder bereits bekannten Prinzipien beruhen. Wenn es z. B. um eine leistungsfähige und umweltverträgliche Fernverkehrsverbindung zwischen zwei Orten geht, bieten sich eine Autobahn, schienengebundene Verkehrsmittel (Eisenbahn, Magnetschwebbahn) oder der Luftverkehr an; bei einer weiten Fassung der Aufgabenstellung könnte man auch Möglichkeiten zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens mit einbeziehen.

By its nature, technology assessment cannot be achieved with a single method alone. One always has to rely on a variety of different methods that should be applied in combination depending on the situation of the case at hand. The individual methods supplement one another, and none of them can claim to be absolutely authoritative. This methodological pluralism is due to the fact that all technical action depends on a variety of natural and sociocultural conditions and have a variety of consequences for nature and society (see Section 2). In exhaustive technology assessment, all perspectives from the natural and technical sciences, economics, social sciences, and humanities would have to be taken into account. This ideal can never be attained perfectly. One always has to rely on theoretical models that simplify the case; these set off particular states of affairs but in return inevitably leave other connections out of consideration. This is the principle on which the division of labour among academic disciplines is based. For this reason, the corresponding methods from the individual disciplines flow into the interdisciplinary process of technology assessment. However, there are no specific methods that are exclusively applicable to problems of technology assessment. Nonetheless, for wide-ranging technology assessment the various methods of the different disciplines must be brought into a unified context.

4.1 Types of technology assessment

Depending on the formulation of the question that leads to the assessment of technology, one can distinguish between problem-induced and technology-induced technology assessment.

Problem-induced technology assessment aims to ascertain appropriate technological solutions for socially given problems and to compare these with regard to their advantages and disadvantages. The types of solutions to be considered is limited by the problem definition. These solutions may be based on new or already familiar principles. If, for example, what is sought is an efficient and ecologically tolerable long-distance traffic connection between two places, obvious solutions include a freeway, rail transportation (railroad, maglev transit system), or air traffic; with a broader understanding of the problem, one could also include options for reducing traffic volume.

Bei der *technikinduzierten Technikbewertung* wird eine bereits vorhandene oder produktionsreife Technik bewertet. So wird z.B. die als Prototyp bereits vorhandene Magnetschwebebahn hinsichtlich des gesamten Folgenspektrums im Vergleich zu konkurrierenden Verkehrssystemen untersucht.

Je nachdem, in welcher Phase der Technikenstehung der Bewertungsprozess einsetzt, kann man unterscheiden zwischen innovativer und reaktiver Technikbewertung.

Die *innovative Technikbewertung* beginnt sehr früh: wenn technische Lösungen für gegebene Probleme gesucht und erste Lösungskonzepte entwickelt werden oder wenn Forschung und Entwicklung noch wesentlich verändert werden können.

Die *reaktive Technikbewertung* setzt dagegen erst spät ein: wenn Forschung und Entwicklung nur noch schwer in andere Richtungen gelenkt werden können oder gar die Markteinführung einer Technik schon begonnen hat.

Die Wahl der Methoden hängt vom jeweiligen Typ der Technikbewertung ab. So ist man bei der problemorientierten und bei der innovativen Technikbewertung stärker auf qualitative Verfahren und Modelle angewiesen (z.B. Szenarios, Delphimethode) während die technikinduzierte und die reaktive Technikbewertung sich stärker auf quantitative Methoden (z.B. Trendextrapolationen, Kosten- und Nutzenanalyse) stützen können.

4.2 Phasen der Technikbewertung

Bei einer Technikbewertung lassen sich verschiedene Phasen unterscheiden, die in der Praxis oft ineinander übergehen und durch Rückkopplung miteinander verbunden sein können:

- Definition und Strukturierung des Problems
- Folgenabschätzung
- Bewertung
- Entscheidung

Für jede dieser Phasen ergeben sich besondere methodische Probleme.

4.2.1 Definition und Strukturierung des Problems

Die Definition und Strukturierung eines Technikbewertungsproblems schließt grundsätzlich folgende Gesichtspunkte ein:

- die Aufgabenstellung und den Gegenstandsbe-
reich
- die vorausgesetzten Rahmenbedingungen
- die zu betrachtenden Größen bzw. Variablen
- die zu beschaffenden Informationen und Daten

Technology-induced technology assessment assesses technology that is already available or ready for production. For example, a maglev transit system available as a prototype is studied in comparison to competing transportation systems, with respect to the entire spectrum of impacts.

Depending on the phase of technology development in which the assessment process begins, one can distinguish between innovative and reactive technology assessment.

Innovative technology assessment begins very early – when technological solutions are sought for given problems and initial solution approaches are developed, or when research and development can still be significantly modified.

Reactive technology assessment, in contrast, begins late – when research and development can be redirected only with difficulty, or the technology has even begun to be introduced into the market.

The selection of methods depends on the particular type of technology assessment. With problem-induced and innovative technology assessment, one has to rely more on qualitative processes and models (e.g., scenarios, Delphi methods), while technology-induced and reactive technology assessment can be based on quantitative methods to a greater degree (e.g., trend extrapolation, cost-benefit analysis).

4.2 Phases of technology assessment

Different phases can be distinguished in technology assessment. In practice, they often merge and overlap and may be connected with one another via feedback:

- definition and structuring of the problem
- impact analysis
- evaluation
- decision-making

Special methodological problems arise for each of these phases.

4.2.1 Definition and structuring of the problem

The definition and structuring of a technology assessment problem basically includes the following aspects:

- the problem and the object domain
- the presupposed frame conditions
- the parameters and variables to be considered
- the information and data to be acquired

- den zu betrachtenden (wirtschaftlichen, politischen, ökologischen usw.) Kontext
- den zeitlichen Horizont
- die Bewertungskriterien

Die Problemdefinition ist von entscheidender Bedeutung, weil hier der Bereich dessen, was überhaupt zu untersuchen ist und was an Resultaten schließlich auftreten kann, in den Grundzügen festgelegt wird. Dabei darf nicht vergessen werden, dass in alle diese Festlegungen theoretische Vorannahmen und allgemeine Modellvorstellungen eingehen.

Da aus der Fülle der möglichen Untersuchungspunkte stets eine Auswahl getroffen werden muss, damit man überhaupt zu einer hinreichend definierten Fragestellung gelangt, ist hier eine Akzentsetzung von der Sache her unerlässlich: Alles dies muss offengelegt werden, damit die Problemdefinition nachvollziehbar, diskutierbar und kritisierbar wird. In der Phase der Problemstrukturierung sollte man zumindest vorläufig benennen, welche Techniken als mögliche Lösungen in Betracht kommen, und welche Folgen betrachtet werden sollen. Von diesen Vorgaben hängt es ab, welche Methoden für den jeweiligen Bewertungsprozess zu berücksichtigen sind.

4.2.2 Folgenabschätzung

Der nächste Schritt besteht in der Folgenabschätzung, d. h. in der Analyse der Folgen. Hierbei stützt man sich auf die bisherigen Erfahrungen und auf Annahmen über die zukünftige Entwicklung (Trendextrapolationen, Szenario-Methoden, Analogiebildung, explizite oder implizite Modelle). Es gibt keine unbedingt sicheren Prognosen, weil eine Fülle von Variablen und Interdependenzen ökonomischer, sozialer, kultureller und politischer Art die Technikentwicklung bestimmen. Auch hier erfordert das methodisch korrekte Vorgehen, dass die über den zukünftigen Verlauf gemachten Voraussetzungen und die Annahmen über die Rahmenbedingungen offengelegt werden.

Prognosen in der Technikbewertung müssen außer der Entwicklung der Technik selbst auch die Veränderungen und Wechselwirkungen im technischen, sozialen und ökologischen Umfeld (einschließlich des Wandels der Wertauffassungen) berücksichtigen. Über ihre Voraussagefunktion hinaus können Prognosen auch ihrerseits unerwünschte Entwicklungen verhindern oder erwünschte Entwicklungen fördern. Die Unsicherheit von Prognosen fällt weniger ins Gewicht, wenn die Technikbewertung als ein kontinuierlicher, alle Phasen der Technikherstellung und -gestaltung begleitender Prozess erfolgt.

- the context to be considered (economic, political, ecological, etc.)
- the time horizon
- the assessment criteria

The problem definition is of decisive importance because it establishes an essential framework for the field to be studied and for the kinds of results that can ultimately ensue. In this process one ought not to forget that theoretical presuppositions and general models enter into all of these determinations.

Since a selection must always be made among a whole host of possible research perspectives if one is to arrive at an sufficiently defined formulation of the question, it is, as matter stands, indispensable here that certain features be emphasised. All of this must be laid out so that the problem definition can be comprehended, discussed, and criticised. In the phase of structuring the problem, at least a preliminary list should be made of which technologies should come under consideration as possible solutions and which impacts should be considered. Which methods are to be considered for a particular assessment process depends on the above-described processes.

4.2.2 Impact analysis

The next step consists of impact analysis, i.e., the examination of consequences. In doing this, one relies on previous experience and assumptions about future development (trend extrapolations, scenario methods, analogies, and/or explicit or implicit models). There is no such thing as an absolutely certain prognosis, because an host of economic, social, cultural, and political variables and interdependencies determine technological development. Here, too, methodological correctness requires disclosing the premises set concerning the future course of events as well as the assumptions about the frame conditions.

Prognoses in technology assessment must consider – in addition to the development of technology itself – changes and interactions in the technical, social, and ecological environment (including changes in conceptions of values). Apart from their predictive function, prognoses can also prevent undesired developments or encourage desired ones. The uncertainty of prognoses weighs less heavily when technology assessment is carried out as a continuous process that accompanies all phases of designing and producing technology.

4.2.3 Bewertung

Während die Abschätzung der Technikfolgen eine vorausschauende Beschreibung darstellt, geht es bei der Bewertung darum, welche Folgen man erzielen, in Kauf nehmen oder verhindern möchte. Die in Abschnitt 3 erwähnten Werte kommen bei Technikbewertungsprozessen jeweils in unterschiedlichen Kombinationen und Ausprägungen zur Geltung. Die Bewertung besteht darin, dass man den verschiedenen Folgen bzw. Teilfolgen im Rahmen einer Güterabwägung jeweils ein bestimmtes relatives Gewicht beimisst und die Teilbewertungen zu einer Gesamtbewertung zusammenführt. So kontrovers die Prioritätendiskussion im Einzelfall sein mag, darf doch keiner der in Abschnitt 3 genannten Werte unberücksichtigt bleiben. Hierbei muss transparent gemacht werden, wer mit welcher Begründung eine bestimmte Bewertung vornimmt. Auch hier stellt sich ein ähnliches Aggregationsproblem, nämlich die Frage, ob und wie die Bewertungen verschiedener Individuen und Institutionen zusammengeführt werden können.

Wenn die verschiedenen Teilbewertungen abschließend in einer Gesamtbewertung zusammengeführt werden sollen, ergeben sich methodische Schwierigkeiten aus der Verschiedenartigkeit von Maßstäben, Messgrößen und ihrer jeweiligen Aussagekraft. Auch wenn Folgenanalysen und Teilbewertungen so weit wie möglich quantifiziert werden sollen, so müssen doch die in jedem Bewertungsprozess vorkommenden nicht quantifizierbaren Wertebereiche ebenso ausdrücklich berücksichtigt werden. Das häufig angewandte Verfahren, verschiedene qualitative und quantitative Größen mit einem einheitlichen Maßstab (z. B. dem Geldwert in der Kosten-Nutzen-Analyse) gleichnamig zu machen, ist den realen Verhältnissen nicht angemessen. Durch ein quantifiziertes Gesamtergebnis würde überdies eine Genauigkeit vorgegaukelt, die in vielen Fällen durch die Ausgangsdaten nicht gestützt ist. Darum werden zusammenfassende Bewertungen immer qualitativer Art sein müssen. Die Überzeugungskraft der Gesamtbewertung hängt ab von der Zuverlässigkeit der Aussagen über die Teilelemente sowie von deren Gewichtung.

Eine noch so methodische Vorgehensweise vermag nicht den Diskurs und die Willensbildung zu ersetzen. Der Methodenkanon kann nicht an die Stelle der Politik treten. Unterschiedliche Ziele, Werte, Bedürfnisse und Interessen sind legitim, denn die Individuen und die verschiedenen sozialen Gruppen definieren sich ja gerade auch durch ihre Interessen und Bewertungen.

4.2.4 Entscheidung

Es ist Aufgabe der Technikbewertung, die Entscheidungen, zu denen man hier schließlich kommen

4.2.3 Evaluation

While impact analysis of technology constitutes a predictive description, the evaluation phase deals with which impacts one would like to achieve, accept, or prevent. In technology assessment processes, the values mentioned in Section 3 carry weight in various combinations and forms. Evaluation consists of assigning the various impacts or partial impacts a certain relative weight and then combining the partial evaluations into an overall one. As controversial as the discussion of priorities may be in an individual case, none of the values mentioned in Section 3 should be left out of consideration. It must be made transparent who carries out a particular evaluation and with what foundation. Here, too, a similar aggregation problem arises – namely, whether and how the evaluations of different individuals and institutions can be reconciled.

When the various partial evaluations are to be combined at the end into an overall evaluation, methodological difficulties can result from differences in standards, measurable variables, and their respective significance. Although impact analyses and partial evaluations should be quantified to the greatest extent possible, the non-quantifiable value domains that appear in every evaluation process must be just as explicitly considered. The frequently used procedure of reducing qualitative and quantitative variables to a common denominator by means of a uniform standard (e.g., monetary value in cost-benefit analysis) does not do justice to real circumstances. Moreover, a quantified overall result creates the illusion of a degree of precision that in many cases is not supported by the input data. Thus, overall evaluations will always have to be qualitative. The persuasive power of the overall evaluation depends on the reliability of the assertions about the individual elements and on their weighting.

No matter how methodical the procedure, it cannot replace discourse and the formation of volition. The methodological canon cannot stand in for politics. Differing goals, values, needs, and interests are legitimate, for individuals and the various social groups indeed define themselves in part precisely by their interests and valuations.

4.2.4 Decision-making

It is the task of technology assessment to render transparent the decisions that must eventually be

muss, im Hinblick auf ihre konkurrierenden Wertsysteme, Voraussetzungen und Folgen durchsichtig zu machen. Dies bedeutet insbesondere, dass die für die einzelnen Alternativen jeweils maßgeblichen Tatsachenbehauptungen und Wertpräferenzen dargelegt werden.

Eine so verstandene Technikbewertung führt im Resultat zu bewussten und begründeten Entscheidungen. Sie zielt ihrer Natur nach weder auf Technikverhinderung, noch darf sie eine Alibifunktion zur Rechtfertigung von technischen Maßnahmen haben, die in Wirklichkeit aus ganz anderen Gründen getroffen werden. Individuelle und institutionelle Entscheidungen über die technische Entwicklung werden durch die Technikbewertung nicht ersetzt, sondern durchsichtiger, bewusster und begründbar gemacht. Dadurch werden im Rahmen des Möglichen alle Voraussetzungen für nachvollziehbare vernünftige Entscheidungen geschaffen.

4.3 Zusammenfassung

Bei einer methodisch korrekt durchgeführten Technikbewertung müssen folgende Punkte beachtet werden:

- klare und nicht zu stark einengende Formulierung der Fragestellung
- Interdisziplinarität auf der Grundlage hoher professioneller und disziplinärer Standards
- möglichst weitgehende Unabhängigkeit der beteiligten Wissenschaftler und Fachleute und Offenlegung der Werte und evtl. vorhandener Interessenbindungen
- Darlegung der Verfahren zur Gewinnung der Daten und Informationen
- Transparenz und dadurch Nachvollziehbarkeit jedes einzelnen Untersuchungsschrittes
- Folgerichtigkeit in der Abfolge der Schritte, so dass keine unbegründeten Übergänge entstehen
- Berücksichtigung aller wichtigen Faktoren, wobei die Quantifizierbarkeit kein Kriterium dafür sein darf, was jeweils untersucht oder in Betracht gezogen wird
- klare Unterscheidung von im Prinzip empirisch überprüfbaren Tatsachenbehauptungen und individuellen bzw. kollektiven Werturteilen, die argumentativ zu rechtfertigen sind
- Formulierung von Entscheidungsalternativen aufgrund unterschiedlicher Wertsysteme

Gegen die Technikbewertung wird eingewandt, sie sei nicht realisierbar, weil die folgenden Maximalforderungen nicht erfüllbar sind:

- die nahtlose Synthese der Ergebnisse verschiedener Disziplinen (Natur- und Ingenieurwissen-

made, with respect to their competing value systems, presuppositions, and consequences. In particular, this means explaining the factual assertions and value preferences decisive for each individual alternative.

Understood in this way, technology assessment results in conscious and well-founded decisions. By its nature, it neither aims to hinder technology nor should it be allowed to have an alibi function in justifying technological measures that actually were taken for completely different reasons. Individual and institutional decisions on technological development are not replaced by technology assessment; instead, they are rendered more transparent and conscious, and better justifiable. Through this process, all the prerequisites for comprehensible, reasonable decisions are created within the scope of what is possible.

4.3 Summary

In carrying out a methodologically sound technology assessment, the following points must be observed:

- a clear and not too restrictive formulation of the problem
- interdisciplinarity on the basis of high professional and disciplinary standards
- as much independence as possible for the participating scientists and experts, and disclosure of values and any commitments to special interests
- explanation of the procedure for obtaining data and information
- transparency (and with it, comprehensibility) of each individual step in the study
- consistency in the sequence of steps, so that no unfounded transitions arise
- consideration of all important factors; here, quantifiability ought not to be a criterion for what will be studied or taken into consideration
- a clear distinction between factual assertions that are in principle empirically testable and individual and/or collective value judgements that must be argumentatively justified
- formulation of decision alternatives on the basis of different value systems

Technology assessment is criticised for being infeasible because the following maximum requirements cannot be fulfilled:

- seamless synthesis of the findings of different disciplines (natural and technical sciences, psychol-

schaften, Psychologie, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Geschichte, Philosophie)

- die Kenntnis der künftigen wissenschaftlichen und technischen Entwicklung
- das Vorauswissen über alle künftigen direkten und indirekten Auswirkungen der jeweiligen Technik
- die Kenntnis der künftigen Interessen und Wertpräferenzen der Benutzer und aller indirekt Betroffenen

Auch wenn diese Forderungen nur näherungsweise zu erfüllen sind, ist man doch auf das explizite und methodische Verfahren der Technikbewertung verwiesen; die Alternative wäre eine unüberlegte und unbegründete Bewertung.

4.4 Anhang: Ausgewählte Methoden

In der Technikbewertung sind grundsätzlich alle wissenschaftlichen Methoden der jeweils beteiligten Disziplinen von Bedeutung. In Tabelle 2 sind einige ausgewählte Methoden zusammengestellt, die in der Literatur zur Technikbewertung genannt werden. Diese Methoden stammen größtenteils aus anderen Arbeitsfeldern und werden nicht selten als allgemeine heuristische Methoden des Problemlösens eingestuft; solche Methoden werden auch in der Systemanalyse und Systemtechnik beschrieben. Ferner wird die Einbeziehung partizipatorischer Planungsmethoden der Sozialwissenschaften in die Technikbewertung diskutiert.

Tabelle 2. Methoden in der Technikbewertung (Auswahl)

Methode	Art		Phase		
	Qualitativ	Quantitativ	Definition Strukturierung	Folgenabschätzung	Bewertung
Trendextrapolation		●		●	
Historische Analogiebildung	●	●		●	
Brainstorming	●		●	●	
Delphi-Expertenumfrage	●	●	●	●	●
Morphologische Klassifikation	●		●	●	
Relevanzbaum-Analyse	●	●	●	●	●
Risiko-Analyse		●		●	●
Verflechtungsmatrix-Analyse	●	●		●	●
Modell-Simulation		●	●	●	●
Szenario-Gestaltung	●		●	●	●
Kosten-Nutzen-Analyse		●			●
Nutzwert-Analyse	●	●			●

ogy, economics, other social sciences, history, philosophy)

- knowledge of future scientific and technological development
- prior knowledge of all future direct and indirect effects of a particular technology
- knowledge of the future interests and value preferences of users and all indirectly affected parties

Even if these requirements can only approximately be fulfilled, one is nevertheless reliant on the explicit and methodical procedures of technology assessment. The alternative would be an ill-considered and unfounded assessment.

4.4 Annex: Selected methods

In technology assessment, all the scientific methods of the disciplines involved are significant, in principle. Table 2 shows some selected methods that are mentioned in the literature on technology assessment. For the most part, these methods originated in other fields; not infrequently, they are classified as general heuristic problem-solving methods. Such methods are also dealt with in system analysis and system engineering. Furthermore, the inclusion of participatory planning methods from the social sciences in technology assessment is discussed.

Table 2. Selected methods in technology assessment

Method	Type		Phase		
	Qualitative	Quantitative	Definition Structuring	Impact Analysis	Evaluation
Trend extrapolation		●		●	
Historical analogy	●	●		●	
Brainstorming	●		●	●	
Delphi expert opinion survey	●	●	●	●	●
Morphological analysis	●		●	●	
Relevance tree analysis	●	●	●	●	●
Risk analysis		●		●	●
Cross-impact analysis	●	●		●	●
Simulation models		●	●	●	●
Scenario writing	●		●	●	●
Cost-benefit analysis		●			●
Scoring method	●	●			●

Tendenziell können qualitative und quantitative Methoden unterschieden werden, auch wenn manche Methoden beide Anwendungsarten zulassen. Vor allem bei den quantitativen Methoden werden häufig regelhafte und gesetzesartige Zusammenhänge unterstellt, die zwar eine gewisse Plausibilität aufweisen, aber sich noch nicht mit erfahrungswissenschaftlicher Stringenz bewährt haben. Eine systematische Methodenlehre und eine kritische Methodendiskussion sind in der Technikbewertung noch wenig entwickelt und verdienen höhere Priorität.

Diesem Mangel kann die folgende Übersicht nicht abhelfen; auch die Zuordnung der Methoden zu den einzelnen Phasen der Technikbewertung in Tabelle 2 ist nur als erste Näherung zu verstehen. Weitere Einzelheiten findet man in der ausgewählten Literatur, die am Ende der Richtlinie genannt wird.

Die *Trendextrapolation* ist eine Prognose-Methode, die eine aus der Vergangenheit bekannte Entwicklung als beständig annimmt und in die Zukunft verlängert. Eine Zeitreihe, das ist eine über der Zeit aufgetragene kennzeichnende Größe, wird in ihrem Verlauf mathematisch-statistisch analysiert und als Funktion der Zeit mathematisch präzisiert; je nach den Ausgangsdaten und gegebenenfalls aufgrund zusätzlicher Annahmen erhält man einen linearen, einen trigonometrischen, einen exponentiellen oder einen logistischen Zusammenhang. Setzt man dann zukünftige Zeitwerte in die Funktion ein, gewinnt man die zukünftig zu erwartenden Werte der kennzeichnenden Größe. – Soweit die zugrunde gelegte Zeitreihe einen rein statistischen Zusammenhang beschreibt, der nicht durch zusätzliche erfahrungswissenschaftliche Hypothesen ursächlich erklärt ist, kann man die Annahme, der bisherige Verlauf werde sich in Zukunft unverändert fortsetzen, in keiner Weise begründen. Aber auch wenn es bewährte Erklärungshypothesen gibt, muss man bei der Anwendung der Methode gute Gründe dafür haben, dass die bisherigen Faktoren unverändert wirksam bleiben und dass keine zusätzlichen Faktoren ins Spiel kommen können (*Ceteris paribus*-Bedingung).

Der Trendextrapolation verwandt ist auch die *historische Analogiebildung*, die – qualitativ oder quantitativ – von einer vergleichbaren früheren Entwicklung auf den zu erwartenden Verlauf einer gegenwärtigen Entwicklung schließt. Die Vergleichbarkeit wird damit begründet, dass es sich entweder um gleiche, lediglich zeitversetzte Erscheinungen in verschiedenen Erstreckungsbereichen handelt (z. B. die Verbreitung von Computern in den USA und in einem europäischen Land) oder dass die gegenwärtige Entwicklung wegen einer bestimmten Verwandtschaft als eine Art Wiederholung der früheren Entwicklung im

Broadly, a distinction can be made between qualitative and quantitative methods, though some methods permit both types of application. Quantitative methods, in particular, often assume regular, law-like relationships that do have a certain plausibility but have not yet been proven with empirical rigor. A systematic study of methods and a critical discussion of them are still underdeveloped in technology assessment and deserve a higher priority.

The following overview cannot correct this shortcoming. The mapping of methods to individual phases of technology assessment in Table 2 should also be understood as a first approximation. Further details can be found in the selected bibliography that comes at the end of this guideline.

Trend extrapolation is a prognosis method that assumes a development known from the past to be continual, and extends it into the future. A time series – that is, a characteristic parameter recorded over time – is statistically analysed in its course and rendered mathematically precise as a function of time. Depending on the input data and in some cases on additional assumptions, the result is a linear, trigonometric, exponential, or logistic relationship. If future time values are then inserted into the function, expected future values of the characteristic parameter are obtained. – To the extent that the time series underlying the analysis describes a purely statistical relationship that cannot be causally explained by additional empirical hypotheses, the assumption that the previous course will continue unchanged in the future cannot be justified in any way. But even if there are tried and tested explanatory hypotheses, when applying this method one needs to have good reason to believe that the previous factors will remain effective without any discontinuities and that no additional factors will come into play (*ceteris paribus* condition).

Related to trend extrapolation is *historical analogy*, which – qualitatively or quantitatively – projects the expected course of a present-day development from a comparable development in the past. Comparability is based either on two phenomena being the same except for their occurring at different times in different areas (e. g., the spread of computers in the USA and in an European country), or on the current development occurring as a kind of repetition of an earlier development in the same area, due to a certain similarity (e. g., the spread of videotext hook-ups in comparison to the earlier spread of telephone hook-ups in the

gleichen Erstreckungsbereich verläuft (z. B. die Verbreitung von Bildschirmtext-Anschlüssen im Vergleich zur früheren Verbreitung von Telefonanschlüssen im selben Land). – Außer der allgemeinen Problematik von Trendextrapolationen erhebt sich hier zusätzlich die Frage, ob die angenommene Vergleichbarkeit tatsächlich in zureichendem Maß vorliegt.

Das *Brainstorming* ist eine intuitiv-heuristische Methode zum Gewinnen und Sammeln von Einfällen. Ein möglichst heterogener Kreis von nicht mehr als zehn Personen wird in aufgelockerter Atmosphäre mit einer Frage konfrontiert und aufgefordert, spontan in freier Assoziation alles zu äußern, was den Teilnehmern dazu gerade in den Sinn kommt. Während des relativ kurzen Gruppengesprächs unterbleibt jede Bewertung der Einfälle, die lediglich protokolliert werden; ungewöhnliche, auch absurd erscheinende Ideen, mit denen die Teilnehmer einander gegenseitig anregen können, sind allerdings besonders erwünscht. Erst nach Abschluss der Sitzung werden die protokollierten Ideen geordnet, beurteilt und gegebenenfalls weiterentwickelt. Dem Brainstorming verwandt ist die *Synektik*, eine Gruppendiskussionsmethode, die sich allerdings über einen längeren Zeitraum erstreckt, ein höheres Maß an Fachwissen einspeist und die Assoziationsfähigkeit der Teilnehmer durch systematische Analogiebildungen fördert. – Als planmäßige Organisation von Phantasie scheint dieser Methodentyp besonders geeignet, neuartige Technikkonzeptionen zu skizzieren und bislang nicht bedachte Folgenbereiche zu erschließen. Die nachfolgende Auswertung steht vor der schwierigen Aufgabe, aus der Fülle der unfertigen Ideen die relevanten und erfolgversprechenden Ansätze herauszufiltern, auch wenn sie dem Analytiker selbst zunächst ungewöhnlich erscheinen mögen.

Die *Delphi-Expertenumfrage* ist eine Ideenfindungs- und Prognosemethode, welche die Einsichten und Zukunftseinschätzungen ausgewählter Fachleute systematisch erhebt und ausmittelt. Dabei werden die Umfrageergebnisse den beteiligten Experten einmal oder mehrmals zur erneuten Urteilsbildung vorgelegt, damit sie ihre Auffassung im Licht der anderen Expertenmeinungen überprüfen und stark abweichende Positionen gegebenenfalls korrigieren können. – Der Erfolg der Methode hängt entscheidend von der Auswahl der befragten Fachleute ab. Dabei ist zu bedenken, dass Fachleute, die an einer bestimmten Entwicklung beteiligt sind, häufig zu besonders optimistischen Einschätzungen neigen. Da die Methode konventionalistisch begründet ist, favorisiert sie die Mehrheitsmeinung und berücksichtigt abweichende Auffassungen, wenn sie diese nicht schon zur Anpassung bewegen kann, nur andeutungsweise.

same country). – Apart from the general problems of trend extrapolation, an additional question presents itself here, namely, whether the assumed comparability actually exists to a sufficient degree.

Brainstorming is an intuitive heuristic method for obtaining and collecting ideas. A group of up to ten people, as heterogeneous as possible, is confronted with a question in a relaxed atmosphere and asked to spontaneously express everything that comes to mind at the moment in a process of free association. The relatively short group discussion avoids any evaluation of ideas, which are simply written down; unconventional, even apparently absurd ideas that might mutually inspire the participants are especially encouraged, however. Only after conclusion of the meeting are the recorded ideas sorted, evaluated, and developed further if appropriate. Related to brainstorming is *synektics*, a group discussion method that continues over a longer timeframe, uses a larger amount of expert knowledge, and stimulates the participants' associative capacities with systematic analogies. – As a methodical way of organising the imagination, this type of method appears especially suitable for sketching out innovative technical conceptions and inferring impact areas not previously considered. The subsequent evaluation faces the difficult task of filtering out from an host of half-baked ideas those approaches that are relevant and promising, even if these may appear unconventional to the analyst at first glance.

The *Delphi expert opinion survey* is a method for finding ideas and making prognoses that systematically ascertains the insights and forecasts of selected experts and returns a measure of central tendency. The survey results are presented to the participating experts once or multiple times for a revised opinion so that they can scrutinise their own position in light of other expert opinions and correct strongly divergent positions if appropriate. – The success of this method depends decisively on the selection of the surveyed experts. It should be borne in mind that experts who are involved with a particular development often tend toward especially optimistic evaluations. Since this method is grounded in conventionalism, it favours the majority opinion and considers dissenting opinions only in passing, provided they cannot be persuaded to conform.

Die *morphologische Klassifikation*, auch als Methode des morphologischen Kastens bekannt, ist eine rational-heuristische Suchmethode, die aus der systematischen Auffächerung aller Merkmale und Merkmalsausprägungen einer komplexen Systemklasse kombinatorisch sämtliche denkbaren Systemtypen bildet. Für die Merkmale A, B, C usw. werden in einer Art Matrix zeilenweise die jeweiligen Ausprägungen a_i , b_j , c_k usw. aufgelistet; dann beschreibt jede Kombination (a_i , b_j , c_k ...) einen bestimmten Systemtyp. Man kann die Methode deskriptiv einsetzen, um eine gegebene Mannigfaltigkeit von Systemtypen überschaubar zu machen, oder auch antizipativ verwenden, um bisher unbekannte Systemtypen als neuartige Kombinationen aus bekannten Elementen zu generieren. Für alle neuen Typen, die sich theoretisch aus der morphologischen Matrix ergeben, ist dann allerdings die Überprüfung auf logische und faktische Merkmalskompatibilität erforderlich, was wegen der Vielzahl der darstellbaren Typen sehr aufwendig sein kann. – Die Methode verlagert die Kreativitätsanforderungen von der Identifikation komplexer Erscheinungen auf die Identifikation der konstituierenden Elemente, da es kein zwangsläufiges Verfahren gibt, das garantieren könnte, alle kennzeichnenden Merkmale und sämtliche denkbaren Merkmalsausprägungen vollzählig zu erfassen. Ferner bereitet die Auswahl relevanter Typen aus der Menge der theoretisch kombinierbaren Typen beträchtliche Schwierigkeiten.

Die *Relevanzbaum-Analyse* ist eine problemspezifische Interpretation der graphentheoretischen Baumstruktur und dient dazu, komplexe mehrstufige Bedingungsgefüge oder Folgenbündel eines angestrebten oder erwarteten Ereignisses transparent zu machen. Verläuft die zusätzlich unterstellte Zeitachse von den „Wurzel“-Knoten in Richtung auf den „Spitzen“-Knoten, so repräsentiert der Baum konvergierende Ketten von Instrumentalbeziehungen (vgl. Abschnitt 1, Def. 6), die alternativ oder simultan durchlaufen werden müssen, damit das angestrebte Ereignis – der „Spitzen“-Knoten – herbeigeführt wird. Eine Variante dieses Modells mit komplizierterer Maschenstruktur ist das Terminplanungsverfahren der sogenannten *Netzplantechnik*. Verläuft die Zeitachse umgekehrt, repräsentiert der Baum divergierende Ketten von Primärfolgen, Sekundärfolgen, Tertiärfolgen usw., die von dem erwarteten Ereignis ausgelöst werden. Besteht das Ausgangsereignis in einer Entscheidung, an die sich divergierende Ketten von Folgeentscheidungen anschließen, spricht man auch von einem *Entscheidungsbaum*. Ein Sonderfall ist der *Wertbaum*, der begriffliche Hierarchiebeziehungen zwischen Unterzielen, Zielen, Oberzielen und Werten repräsentiert (vgl. Abschnitt 1, Def. 3). Ordnet

Morphological analysis, also known as the morphological box method, is a rational heuristic search method that combinatorially forms all imaginable system types by systematically arranging all parameters of a complex system class and their alternative discrete values. The parameters A, B, C, etc. are entered into a multidimensional matrix ("box") that lists the alternative discrete values a_i , b_j , c_k etc. for each parameter. Each possible combination (a_i , b_j , c_k ...) then describes a particular system type. This method can be used descriptively in order to make a given diversity of system types comprehensible, or anticipatively to generate previously unknown systems as new combinations of familiar elements. However, all new types that theoretically result from the morphological box must be tested for logical and factual parameter compatibility. Due to the large number of types that can be generated, this step can require great effort. – This method shifts the requirements for creativity from the identification of complex phenomena to the identification of their constitutive elements, since there is no mandatory procedure that can guarantee it would exhaustively capture all characteristic parameters and all their imaginable discrete values. Moreover, the selection of relevant types from the set of theoretically combinable types presents considerable difficulties.

Relevance tree analysis is a problem-specific interpretation of a graph-theoretical tree structure. For an event that is pursued or anticipated, it renders transparent complex multistage structures of conditions or bundles of impacts. If an additionally assumed time axis runs from the "root" nodes toward the "tip" nodes, the tree represents convergent chains of instrumental relationships (see Section 1, definition 6) which must be run through alternately or simultaneously in order to bring about the result sought – the tip node. A variation of this model with a more complicated mesh structure is *network planning techniques* for project schedule planning. If the time axis runs in the opposite direction, the tree represents divergent chains of primary, secondary, tertiary, and higher-order impacts that are triggered by an anticipated event. If the initial event consists of a decision followed by divergent chains of subsequent decisions, one also speaks of a *decision tree*. A special case is the *value tree*, which represents conceptual hierarchical relationships between subgoals, goals, overarching goals, and values (see Section 1, definition 3). If one assigns numerical values to each node of the tree for its corresponding cost or benefit and probabilities to their connecting branches, these

man den Knoten des Baumes Zahlenwerte für den jeweiligen Aufwand oder Nutzen und den Verbindungen zwischen den Knoten Wahrscheinlichkeitswerte zu, kann man mit numerischen Verfahren die Relevanz der Mittel bzw. der Folgen quantifizieren. – Auch wenn es die Methode offenlässt, wie die Wissens-elemente zu gewinnen sind, aus denen der Baum konstruiert wird, bewährt sie sich nicht nur bei der Strukturierung und Darstellung bekannter Zusammenhänge, sondern auch als Suchschema zum Auffinden weiterer Abhängigkeiten. Die Quantifizierung ist allerdings nur bei wohlstrukturierten Problemen sinnvoll, für die empirisch bewährte Schätzwerte verfügbar sind.

Auch bei der *Risiko-Analyse* verwendet man Varianten der Relevanzbaum-Methode, wobei wiederum die Bedingungs- und die Folgen-Analyse zu unterscheiden sind. Das zentrale Ereignis – der „Spitzen“-Knoten des Baums – ist jeweils das mit einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit bezifferte Versagen eines Systems oder Projekts. Die Bedingungs-Analyse ermittelt deduktiv die Gesamtwahrscheinlichkeit des Versagens aus den Teilwahrscheinlichkeiten von Komponentenausfällen unter Berücksichtigung der Komponentenverknüpfung (Fehlerbaum-Analyse) und studiert induktiv die Fortpflanzung von Komponentenstörungen innerhalb des Systems (Störfallablauf-Analyse). Die Folgen-Analyse untersucht die von einem Versagen ausgelösten divergenten Ketten von Schadwirkungen und beziffert diese nach Schadenshöhe und Folgewahrscheinlichkeit. Aus diesen Teilanalysen errechnet man schließlich das Gesamtrisiko (vgl. Abschnitt 3, Abschnitt „Sicherheit“). – Gegen die Aussagefähigkeit von Risiko-Analysen wird eingewandt, dass insbesondere für neuartige oder nur vereinzelt eingesetzte Komponenten keine verlässlichen Ausfallwahrscheinlichkeiten zu ermitteln sind, dass die Wahrscheinlichkeit menschlichen Versagens in Mensch-Maschine-Systemen grundsätzlich nicht zu beziffern ist und dass auch die Abschätzung von Folgewahrscheinlichkeiten für Schäden, die noch nie aufgetreten sind, jeder Grundlage entbehrt.

Die *Verflechtungsmatrix-Analyse*, auch Cross-Impact-Methode genannt, untersucht die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen mehreren möglichen Ereignissen. Eine Liste solcher Ereignisse wird gleichermaßen den Zeilen und Spalten einer Matrix zugeordnet. In die Felder der Matrix wird dann der Einfluss des Ereignisses E_i auf das Ereignis E_j eingetragen. Im einfachsten Fall begnügt man sich mit qualitativen Markierungen oder kennzeichnet die Stärke des Einflusses mit Rangziffern. Es gibt aber auch verfeinerte wahrscheinlichkeitstheoretische Kalküle, um mit Hilfe bedingter Wahrscheinlichkeiten die ur-

numerical methods can quantify the relevance of the means and their impacts. – Although this method leaves open how the knowledge elements that make up the tree are to be obtained, it has proven its usefulness not only for structuring and representing known connections but also as a search schema for identifying additional dependencies. Quantification makes sense only for well-structured problems for which empirically proven estimated values are available.

Risk analysis also makes use of variations of the relevance tree method. Here, too, a distinction must be made between the analysis of conditions and of consequences. The central event – the tip node of the tree – is the failure of a system or a project, which in each case is assigned a certain probability of event. Analysis of conditions deductively determines the overall probability of failure from the partial probabilities of component failure while taking into account connections between components (fault tree analysis) and inductively studies the propagation of component disruptions within the system (accident sequence analysis). The analysis of consequences investigates the divergent chains of damaging effects set off by a failure and assigns them numerical values corresponding to the extent of damage and the probability of a consequence. The overall risk is then calculated from these partial analyses (see Section 3.4 Safety). – Risk analyses are criticised on the following grounds: they are unable to determine reliable failure probabilities especially for novel components or those that are utilised only in isolation; the probability of human failure in human-machine systems is fundamentally impossible to quantify; and there is absolutely no basis for estimating the probability of damages that have never occurred in the past.

Cross-impact analysis investigates the interdependencies among a number of possible events. A list of such events is assigned equally to both the row and column headings of a matrix. The influence of the event E_i on event E_j is then entered into the cells of the matrix. In the simplest case, one can settle for qualitative markings or characterise the strength of the influences by numerically ranking each one. There are also refined probabilistic calculations which use conditional probabilities to correct the original estimated probabilities for each event. – This method is especially appropriate for making comprehensible the in-

spränglich geschätzten Einzelwahrscheinlichkeiten der Ereignisse zu korrigieren. – Die Methode eignet sich vor allem dazu, die Interdependenz mehr oder weniger gleichzeitiger Entwicklungen überschaubar zu machen. Ob freilich den vorgeschlagenen Quantifizierungsversuchen irgendeine Aussagekraft zukommt, steht dahin.

Die *Modell-Simulation* umfasst eine Vielzahl mathematisierter Planspiele, die von einfachen Optimierungsrechnungen über die anspruchsvolleren Modelle der sogenannten Unternehmensforschung (Operations Research) bis zu komplexen Systemanalysen reichen, die nur noch mit Hilfe von Computern beherrschbar sind. Im Grundsatz ist die Modell-Simulation ein Berechnungsexperiment, das mögliche Entwicklungen in der Erfahrungswirklichkeit dadurch zu antizipieren versucht, dass es den entsprechenden Realitätsbereich mit einem mathematischen Modell abbildet und durch die planmäßige Variation von Variablen und Parametern unterschiedliche Bedingungskonstellationen fingiert, deren Resultate sich dann aus der Modellrechnung ergeben und als mögliche Ereignisse der Realität interpretiert werden. Fortgeschrittene Modelle der Computer-Simulation zeichnen sich durch eine Vielzahl von Variablen, durch komplexe Modellstrukturen (Rückkopplungen, hierarchische Stufungen, probabilistische Elemente) und durch Interaktionsmöglichkeiten des Benutzers aus. – Modell-Simulationen sind ein äußerst leistungsfähiges Werkzeug, um das mögliche Verhalten vielfach vernetzter Systeme zu studieren, vor allem auch dann, wenn Realexperimente nach Lage der Dinge nicht in Betracht kommen und wenn die Gesamtwirkung zahlreicher interdependenter Faktoren intuitiv nicht mehr abzuschätzen ist. Damit werden aber auch intuitive Plausibilitätskontrollen fast unmöglich, und die in den Erfahrungswissenschaften übliche empirische Prüfung ist sinnvoll nur auf Detailzusammenhänge des Modells, nicht aber auf das Modell als Ganzes anwendbar. Häufig wird vernachlässigt, dass jede einzelne mathematische Funktion im Modell eine erfahrungswissenschaftliche Hypothese ausdrückt, die aber oft als solche weder präzisiert noch geprüft ist; so erweisen sich komplexe Simulationsmodelle nicht selten als uneingelöste Forschungsprogramme. Weitere Schwierigkeiten ergeben sich aus unzureichenden Datenbeständen, aus der Quantifizierung qualitativer Faktoren und aus der unreflektierten Verwendung möglicherweise nicht angemessener mathematischer Formalismen. Soweit die Modell-Simulation auf einer Verknüpfung zahlreicher Trendextrapolationen beruht, sind auch in dieser Hinsicht die entsprechenden Bedenken zu berücksichtigen.

terdependency of more or less simultaneous events. It is an open question as to whether the proposed quantification attempts yield any usable results.

Simulation models encompass a wide variety of operational games expressed in mathematical terms. They range from simple optimisation calculations, to more sophisticated operations research models, to complex system analyses that can be carried out only with the help of computers. Basically, simulation models are calculation experiments that attempt to anticipate possible developments in empirical reality by mathematically modelling that area of reality. One then fabricates various constellations of conditions by methodically varying parameters and variables. The model then calculates a series of results that may be interpreted as possible real events. Advanced computer simulation models stand out for their large number of variables, complex model structures (feedback, hierarchical levels, probabilistic elements), and interactive options for the user. – Simulation models are an extremely powerful tool for studying the possible behaviour of complex integrated systems – especially when the situation rules out real experiments and when the overall effect of numerous interdependent factors can no longer be intuitively estimated. But this also makes intuitive plausibility checks practically impossible, and the empirical testing that is usual in the empirical sciences makes sense only for the detailed relationships within the model but not for the model as a whole. It is frequently disregarded that each individual mathematical function in the model expresses an empirical hypothesis that has often been neither precisely formulated nor tested. Thus, complex simulation models not infrequently turn out to be unfulfilled research programs. Additional difficulties result from inadequate data sets, from the quantification of qualitative factors, and from the unreflected use of mathematical formalisms that may not be appropriate. To the extent the simulation models are based on the linkage of numerous trend extrapolations, the reservations that apply to the latter method should also be borne in mind.

Die *Szenario-Gestaltung* ist eine qualitativ-literarische Methode zur ganzheitlichen Beschreibung möglicher komplexer Zukunftssituationen; ungeachtet ihres qualitativen Gesamtcharakters integriert die Methode weitestmöglich quantitative Ergebnisse anderer Methoden. Ähnlich einem Drehbuch oder einer utopischen Erzählung repräsentiert das Szenario die in sich stimmige Antizipation eines Bündels aufeinander bezogener, zukünftiger Geschehnisse und Zustände, die unter explizit angegebenen Ausgangsbedingungen eintreten können. Für bestimmte kritische Ausgangsbedingungen werden meist verschiedene Varianten angenommen, die dann auch zu verschiedenartigen Szenarios führen. Häufig gestaltet man ein Szenario für die Fortschreibung des gegenwärtigen Status quo („überraschungsfreier Entwurf“) und kontrastiert dieses mit besonders „optimistischen“ und besonders „pessimistischen“ Szenarios, denen denkbare Extremwerte für die kritischen Ausgangsbedingungen zugrunde liegen. – Die Szenario-Gestaltung ist eine Mischung aus prognostischem Wissen, intellektueller Kombinatorik und phantasievoller Erzählkunst; sie sagt nicht, was sein wird, sondern antwortet auf Fragen des Typs „Was wäre, wenn ...“. So kommt sie nicht als exakte Planungsgrundlage in Betracht, aber sie ist von großem Nutzen, das Verständnis für soziotechnische Gestaltungsspielräume zu vertiefen und die Folgenbündel entsprechender Entscheidungsalternativen zu verdeutlichen. Während die meisten Methoden der Technikbewertung ihre Verwandtschaft mit mathematisch-naturwissenschaftlichem Denkstil nicht verleugnen können, ist die Szenario-Gestaltung offen für geisteswissenschaftliche Ansätze und literarische Formen der Welterschließung. Hier eröffnen sich aussichtsreiche Perspektiven für eine interdisziplinäre Methodologie.

Die *Kosten-Nutzen-Analyse* ist eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Wirtschaftlichkeitsbewertung. Sie erfasst alle Aufwendungen und alle Erträge eines Projekts über die gesamte Nutzungsdauer und macht sie durch Umrechnung in Geldeinheiten und durch Abzinsung auf einen bestimmten Stichtag vergleichbar. Über die traditionelle Wirtschaftlichkeitsrechnung hinausgehend werden vor allem auch sekundäre, sogenannte externe Effekte und qualitative Auswirkungen berücksichtigt und mit Hilfe bestimmter Umrechnungsfaktoren in Geldwerten ausgedrückt. Das Ergebnis der Gesamtbilanzierung wird dann als Entscheidungsgrundlage empfohlen. – Die Stärke der Methode liegt darin, dass sie, über technisch-wirtschaftliche Kriterien hinausgehend, ausdrücklich auch metaökonomische Gesichtspunkte der Lebensqualität in die Urteilsbildung einbezieht. Umstritten ist freilich die monetäre Quantifizierung von qualitativen Effekten, in einem bekannten Bei-

Scenario writing is a qualitative literary method for holistically describing complex potential future situations. Irrespective of its qualitative overall character, this method integrates quantitative results from other methods to the greatest extent possible. Like a screenplay or utopian story, a scenario represents an internally consistent anticipation of a bundle of interrelated future events and situations that could occur under explicitly specified initial conditions. Usually, different variations of certain critical initial conditions are assumed, which then lead to different scenarios. One often constructs a scenario for the continuation of the current status quo (“surprise-free projection“) and contrasts this with especially “optimistic“ and especially “pessimistic“ scenarios, which are based on the most extreme values imaginable for the critical initial conditions. – Scenario writing is a mixture of prognostic knowledge, combinatorial analysis, and imaginative storytelling. It does not say what will happen; it answers questions of the type “What would happen if ...“. Thus, it does not come under consideration as a basis for exact planning, but it is very useful for heightening the comprehension of the sociotechnical scope for formative action, and for clarifying the bundle of consequences that correspond to alternative decisions. While most methods of technology assessment have an undeniable kinship with thought styles from mathematics and the natural sciences, scenario writing is open to approaches from the humanities and literary forms of exploring the world. Promising perspectives for an interdisciplinary methodology present themselves here.

Cost-benefit analysis is a refinement of conventional economy calculations. It captures all the costs and benefits of a project over its entire life-span and makes them comparable by converting them into monetary units and discounting future money flows to their present values at a given date. This method goes beyond traditional economy calculations in also taking into account secondary effects (externalities) and qualitative impacts by means of conversion factors expressed in monetary units. The result of weighing the overall costs and benefits is then recommended as the basis for a decision. – The strength of this method lies in its going beyond technical and economic criteria to explicitly include metaeconomic quality-of-life perspectives in forming a judgement. Its monetary quantification of qualitative effects is controversial. A well-known example of this is the valuation of a possibly threatened human life as the monetary amount that this individual could contrib-

spiel etwa die Bewertung eines möglicherweise bedrohten Menschenlebens durch den Geldbetrag, den der betreffende Mensch im weiteren Leben als Beitrag zum Sozialprodukt erwirtschaften kann. Der Ansicht, dass auch problematische Quantifizierungen immer noch aussagekräftiger sind als unpräzise – und damit meist folgenlose – Qualitätsurteile, steht die Auffassung gegenüber, dass grundlegende Qualitäten des menschlichen Lebens mit Geldwerten prinzipiell inkommensurabel sind.

Die *Nutzwert-Analyse*, auch Scoring-Methode genannt, beruht auf einem entscheidungstheoretischen Modell, das die Nutzwerte mehrerer Handlungsalternativen bezüglich mehrerer Bewertungskriterien ermittelt, ordnet und für jede Alternative zu einem Gesamtnutzen aggregiert. In einer Matrix werden die Zeilen den Handlungsalternativen H_i und die Spalten den Bewertungskriterien K_k zugeordnet. In jedes Feld der Matrix wird nun der Nutzwert von H_i bezüglich K_k eingetragen. Dabei werden mit Hilfe von Nutzenfunktionen die jeweiligen quantitativen und qualitativen Effekte in Zahlenwerte einer Nutzwertskala umgewandelt; Kosten und andere negative Effekte werden durch reziproke Nutzenfunktionen erfasst. Nach Gewichtung der Bewertungskriterien werden die gewichteten Teilnutzwerte zum Gesamtnutzwert zusammengefasst, der dann den abschließenden Wertvergleich der Alternativen erlauben soll. – Die Methode hat den Vorteil, komplexe Bewertungsprobleme übersichtlich zu strukturieren, intuitive Präferenzen offen zu legen und dadurch eine rationale Bewertungsdiskussion zu erleichtern, auch wenn die Präferenzen selbst häufig nicht rational begründbar sind. So nützlich die qualitative Anwendung der Methode erscheint, so wenig sollte man sich auf quantitative Berechnungsergebnisse verlassen, selbst wenn sie mit Hilfe von Computern gewonnen wurden; denn die angewandten Rechenverfahren unterstellen messtheoretische, entscheidungslogische und mathematische Voraussetzungen, die faktisch in aller Regel nicht erfüllt sind.

5 Institutionen der Technikbewertung

5.1 Gesellschaftliche Bereiche der Technikeinschätzung und Technikbewertung

Außer der in dieser Richtlinie behandelten planmäßigen, systematischen, organisierten Technikbewertung gibt es eine Einschätzung der Technik, die durch Einzelpersonen, Gruppen und verschiedenartige gesellschaftliche Einrichtungen eher intuitiv und unsystematisch erfolgt. Häufig werden die Prioritäten und Wertungen, auf denen solche Einschätzungen beruhen, nicht thematisiert; sie können jedoch durch entsprechende Analysen deutlich gemacht werden

ute to the national product if he or she continued to live. Here, two opposing views collide: on the one hand, the view that even problematic quantification provides more useful information than imprecise – and thus often inconsequential – qualitative judgements; and on the other, the view that fundamental qualities of human life are incommensurable on principle with monetary valuation.

The *scoring method* is based on a model from decision theory that determines the utility of a variety of action alternatives with respect to several evaluation criteria, then orders the utilities and aggregates them to an overall utility for each alternative. The action alternatives H_i are assigned to the rows of a matrix and the evaluation criteria K_k are assigned to its columns. Then the utility of H_i with respect to K_k is entered into each cell of the matrix. Utility functions are used to transform each quantitative and qualitative effect into numerical values in a utility scale; costs and other negative effects are captured with reciprocal utility functions. After weighting of the evaluation criteria, the weighted partial utilities are combined into an overall utility that is intended to permit final comparison of all alternatives. – An advantage of this method is that it structures complex evaluation problems in such a way that they are comprehensible; it also makes intuitive preferences explicit and thus makes it easier to conduct a rational evaluation discussion, even if the preferences themselves can often not be founded rationally. As useful as the qualitative application of this method appears, one should still be cautious about relying on its quantitative results, even if they have been obtained with the aid of computers. The computational procedures make assumptions in the areas of measurement theory, decision logic, and mathematics that usually are not fulfilled in reality.

5 Technology assessment institutions

5.1 Societal spheres of technology estimation and assessment

Apart from the methodical, systematic, organised technology assessment treated in this Guideline, there are also more intuitive and unsystematic estimations of technology carried out by individuals, groups, and various societal institutions. The priorities and evaluations on which these estimations are based are frequently not discussed; however, they can be made clear by appropriate analyses (see Sections 2 and 3). There are many intermediate forms between

(vgl. Abschnitt 2 und 3). Zwischen intuitiver Einschätzung und systematischer Bewertung gibt es vielfältige Übergangsformen; sie reichen von öffentlichen Diskussionen bis zu wirtschaftlichen und politischen Entscheidungen, die oft im Hinblick auf spezielle Sachzusammenhänge und Wertgesichtspunkte erfolgen. Dabei besteht häufig ein Spannungsverhältnis zwischen dem Anspruch auf Objektivität und der Durchsetzung von Überzeugungen und Interessen.

Systematische Technikbewertungen und partielle Folgenabschätzungen, aber auch unsystematische Einschätzungen der Technik, finden zumeist in Institutionen statt. Institutionen (gesellschaftliche Einrichtungen, Organisationen und andere soziale Gebilde) sind notwendig, um allgemeine Aufgaben zur Ordnung des Zusammenlebens zu erfüllen. Im Zusammenhang mit dieser Richtlinie lassen sich solche Institutionen vor allem fünf Bereichen zuordnen:

Im *staatlichen* Bereich, der internationale, nationale, regionale und lokale Einheiten umfasst, werden durch Maßnahmen der drei Gewalten (Gesetzgebung, staatliche Verwaltung, Rechtsprechung) Prioritäten und Rahmenbedingungen für die Technikentwicklung geschaffen und durchgesetzt. Politische Maßnahmen, durch die direkt oder indirekt die Technik bewertet und ihre Entwicklung in eine bestimmte Richtung gelenkt wird, sind u. a. Subventionen (Forschungs- und Innovationsförderung), Steuervorteile sowie Rechtsverordnungen (Höchstgrenzen für Schadstoffemissionen, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Bauordnungen). Zunehmend befasst sich auch die Rechtsprechung mit Problemen der technischen Entwicklung, z. B. bei Genehmigungs- und Haftungsfragen.

Im *öffentlichen* Bereich wirksame, die Meinungsbildung und die Wertauffassungen prägende Institutionen sind vor allem:

- das vielfältig gegliederte Bildungs- und Erziehungswesen. Hier werden durch Lehrpläne festgelegte Bildungsinhalte und Wertauffassungen vermittelt; mindestens ebenso wichtig sind die von Eltern, Erziehern, Bezugsgruppen und der Öffentlichkeit geprägten Leitbilder.
- die Medien als Umschlagstelle zwischen Öffentlichkeit und Politik. Sie sollen über Sachverhalte informieren und durch Darstellung unterschiedlicher Standpunkte zur differenzierten Meinungsbildung beitragen.
- politische Parteien, denen die Aufgabe zukommt, legitime Interessen der einzelnen Staatsbürger und der verschiedenen sozialen Gruppen zusammenzufassen und im politischen Kräftespiel zur Geltung zu bringen.

intuitive estimation and systematic assessment; they range from public discussions to economic and political decisions that are often made in view of special factual connections and value perspectives. Often there is a tense relationship between objectivity claims and the successful assertion of convictions and interests.

Systematic technology assessments and partial impact analyses – but also unsystematic estimations of technology —are usually carried out in institutions. Institutions (organisations and other social entities) are necessary to carry out general tasks of organising co-existence. In the context of this Guideline, such institutions can be classified in five main spheres:

In the *state* sphere, which comprises international, national, regional, and local units, measures of the three branches of government (legislative, executive, and judicial) create and implement priorities and frame conditions for technological development. Political measures, which directly or indirectly assess technology and guide its development in a particular direction, include subsidies (financial aid for research and innovation), tax breaks, and legal regulations (maximum emission levels, speed limits, building codes). The judiciary is also increasingly involved with problems of technological development, e.g., matters of regulatory approval and liability.

In the *public* sphere, institutions that are effective in shaping the formation of opinions and conceptions of values include primarily:

- the elaborately structured educational system, which conveys the educational material and conceptions of values laid down by curricula; at least as important are models shaped by parents, teachers, peer groups, and the general public.
- the media as mediator between the public and politics, which ought to provide information on states of affairs and contribute to the formation of sophisticated opinions by showing different standpoints.
- political parties, which have the task of bringing together the legitimate interests of individual citizens and the various social groups and making them heard in the play of political forces.

- Bürgerinitiativen, die außerhalb der bestehenden Institutionen Einfluss auf anstehende Entscheidungen nehmen wollen – dabei geht es sowohl um projektorientierte Fragen (wie Standortentscheidungen) als auch um grundsätzliche, technologieorientierte Entscheidungen (z.B. für oder gegen Kernenergie).
- Verbände und Vereinigungen (auch aus dem technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bereich), die ebenfalls zur öffentlichen Meinungsbildung beitragen, z.B. Verbraucherverbände, Institutionen des vergleichenden Warentests, Natur- und Umweltschutzverbände.

Im *technischen* Bereich wirken Berufsverbände sowie die Technik regulierende und überwachende Institutionen (DIN, TÜV, VDI) an der Einschätzung und Bewertung der Technik mit.

Im *wissenschaftlichen* Bereich (Hochschulen, Großforschungseinrichtungen, sonstige außeruniversitäre Forschungsinstitute) werden vor allem in den Natur- und Ingenieurwissenschaften schon durch die Auswahl der Forschungsgegenstände Weichen für die Technikentwicklung gestellt.

Im *wirtschaftlichen* Bereich resultieren aus dem von Angebot und Nachfrage und vom Konkurrenzprinzip bestimmten Marktgeschehen u. a. Produktion, Verteilung und Verbrauch technischer Güter und Dienstleistungen und damit eine praktische Technikeinschätzung. Die wichtigsten Handlungsträger sind Unternehmen, private Haushalte und der als Anbieter und Abnehmer auftretende Staat. Bei der Schaffung von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wirken außer dem Staat auch Arbeitgeber- und Arbeitnehmerorganisationen sowie öffentlich-rechtliche Einrichtungen (Industrie- und Handelskammern, Berufsgenossenschaften usw.).

5.2 Möglichkeiten der Institutionalisierung von Technikbewertung

Die in den genannten institutionellen Bereichen stattfindenden Aktivitäten und Arbeiten sind wichtige Voraussetzungen und Beiträge für systematische Technikbewertungen; dennoch bedarf es der Schaffung neuer bzw. des Ausbaus bestehender Institutionen, die ausschließlich oder vorwiegend einer planmäßigen, systematisch organisierten Technikbewertung dienen. Welche zusätzlichen Kompetenzen den vorhandenen Institutionen zu übertragen und in welchen Bereichen neue Institutionen zu schaffen sind,

- citizen initiatives, which aim to influence decisions on the agenda outside of the existing institutions; they are concerned with both project-oriented questions (such as deciding on the site of an industrial plant) and fundamental technology-oriented decisions (e.g., for or against nuclear energy).
- associations (including those from the technical, economic, and scholarly spheres), which also contribute to the formation of public opinion, e.g., consumer groups, institutions for comparatively testing products, and associations to protect nature and the environment.

In the *technical* sphere, professional associations and the institutions that regulate and supervise technology (in Germany: DIN, TÜV, VDI)⁴⁾ participate in estimations and assessments of technology.

In the *scholarly* sphere (universities, major research institutions, other research institutes outside the university), a course is set for technological development with the selection of objects of research – above all in the natural and engineering sciences.

In the *economic* sphere, the production, distribution, and consumption of technological goods and services – and thus a practical estimation of technology – results from market events determined by supply and demand and by the competitive principle. The most important actors are companies, private households, and the state as supplier and purchaser. Apart from the state, employers' and employees' organisations and institutions under public law (chambers of industry and commerce, professional associations, etc.) contribute to the creation of economic frame conditions.

5.2 Possibilities for institutionalising technology assessment

The activities and work that take place in the institutional spheres just mentioned are important preconditions for and contributions to systematic technology assessment. Still, new institutions need to be created that exclusively or primarily serve methodical, systematically organised technology assessment, and existing institutions must be expanded. Only in a socio-political process of learning can it be decided which additional authority should be assigned to existing institutions and in which areas new institutions should

⁴⁾ DIN = German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung); TÜV = Association for the Supervision of Technology (Technischer Überwachungsverein); VDI = Association of German Engineers (Verein Deutscher Ingenieure)

kann nur in einem gesellschaftlich-politischen Lernprozess entschieden werden; dabei sind Institutionen im staatlichen Bereich nur dann erforderlich, wenn Institutionen in den anderen Bereichen die anstehenden Aufgaben nicht zu bewältigen vermögen.

Da die Bedingungen und Folgen einzelner technischer Neuerungen sowie der Technisierung im Ganzen bisher nicht ausreichend analysiert werden, bedarf es, um der Technikbewertung inhaltlich und methodisch wissenschaftliche Grundlagen an die Hand zu geben, *wissenschaftlicher Arbeitsgruppen und Einrichtungen für interdisziplinäre Technikforschung*. Wie auch in anderen Problemfeldern hat eine qualifizierte Grundlagenforschung für zuverlässige Wissensvorräte und bewährte Methodenstandards zu sorgen, auf welche die angewandte Forschung, die wissenschaftliche Politikberatung sowie die öffentliche und unternehmerisch-wirtschaftliche Technikbewertung von Fall zu Fall zurückgreifen können.

Als *Institute für Technikbewertung*, die systematische Studien durchführen, kommen vor allem wissenschaftliche Hochschulen und außeruniversitäre, private und staatliche Forschungseinrichtungen in Betracht. Bei konkreten fall- und problembezogenen Projekten fließen unvermeidbar auch spezifische Wert- und Interessenorientierungen in die Problemdefinition, die Datengewinnung und die Methodewahl mit ein. Um die Erkenntnisbreite und Ausgewogenheit der Technikbewertung zu sichern, sollten jeweils konkurrierende wissenschaftliche Institute mit der Anfertigung einer Studie beauftragt werden.

Die meisten technischen Innovationen erfolgen in der Industrie; daraus ergeben sich Zuständigkeiten zur vorausschauenden Technikbewertung die entsprechend zu organisieren sind (z.B. Stabsabteilungen, Projektausschüsse). So können in den Unternehmen technische Neuerungen bereits vor der Markteinführung im Hinblick auf alle wichtigen Wertbereiche optimiert werden. Klein- und Mittelbetriebe, für die eine eigene Technikbewertung zu aufwendig wäre, könnten auf externe Unterstützung z.B. durch Verbände und Kammern zurückgreifen, wo entsprechende Kapazitäten einzurichten wären.

Da auch die einzelnen Ingenieure in ihrer Entwicklungsarbeit immer wieder Bewertungsprobleme und Wert- und Verantwortungskonflikte zu bewältigen haben, wird diskutiert, ob zur Schärfung und Absicherung ihres Verantwortungsbewusstseins *Kommissionen für Ingenieurethik* (z.B. bei Ingenieurvereinigungen und andere Berufsverbänden) gebildet werden sollen. Die öffentliche Diskussion über exemplarische Fälle könnte zur verantwortungsbewussten Technikbewertung beitragen.

be created. Here, institutions in the state sphere are necessary only when institutions in the other spheres are unable to cope with the tasks that are due to be dealt with.

Since the conditions and impacts of individual technological innovations and the process of technisation as a whole have not yet been sufficiently analysed, *scholarly work groups and institutions for interdisciplinary research on technology* are needed in order to give technology assessment scientific foundations that are substantive and methodical. As in other problem areas, excellent basic research must provide reliable stocks of knowledge and proven standards for methods, which applied research, scientific policy consultation, and public and industrial technology assessment can fall back upon from case to case.

It is primarily universities and private and state research institutions outside the academy that come into question as *institutes for technology assessment* for carrying out systematic studies. In concrete case- and problem-related projects, specific value and interest orientations inevitably flow into the problem definition, data collection, and selection of methods. In order to guarantee breadth of knowledge and balance in technology assessment, competing scientific institutes should be charged with preparing a study in any given case.

Most technological innovation occurs in *industry*; this results in responsibilities for anticipative technology assessment that need to be appropriately organised (e.g., staff units, project committees). In this way, technological innovations can be optimised with respect to all important value domains even before they are introduced into the market. Small and mid-sized businesses, for which in-house technology assessment would be too expensive, can rely on external support from associations and chambers, for example, where suitable resources should be established.

Because individual engineers repeatedly have to overcome assessment problems and value and responsibility conflicts in their development work, there is a discussion as to whether *engineering ethics commissions* should be created (e.g., under the auspices of the engineers' and other professional associations) to sharpen and support engineers' sense of responsibility. Public discussion of exemplary cases could contribute to responsible technology assessment.

Bei konkreten, lokalen technischen Projekten beanspruchen betroffene Bürger mehr Mitsprache, womit sie oft in Konflikt zu bestehenden Institutionen geraten. Die geforderte *partizipatorische Technikbewertung* steht vor der besonderen Schwierigkeit, die Betroffenen so sachkundig zu machen, dass sie begründete Urteile abgeben können. Als eine mögliche Form partizipatorischer Technikbewertung wurden Planungszellen vorgeschlagen, in denen Vertreter von Politik und Verwaltung, Fachleute und Bürger zusammenarbeiten.

In repräsentativen Demokratien sind es vor allem die Parlamente, die durch Gesetzgebung und Budgetbeschlüsse Prioritäten für die staatliche und gesellschaftliche Entwicklung setzen. Da stets politische Entscheidungen über die Technik zu fällen sind, bedarf es ständiger *parlamentarischer Beratungskapazitäten für Technikbewertung*. Die Organisationskonzepte reichen von personalstarken Ämtern mit eigener Forschungskapazität bis zu kleinen Kommissionen, Beratungsstäben mit reiner Vermittlungs- und Aufbereitungsfunktion sowie Enquete-Kommissionen und Parlamentsausschüssen.

Auch der Exekutive stellen sich im Zusammenhang mit der Technikbewertung neue Aufgaben, die in den Zuständigkeitsbereich mehrerer Ressorts fallen; daher empfehlen sich *ressortübergreifende Koordinationsformen in der Verwaltung*.

Mit dem Vordringen der Technik in alle Lebensbereiche, dem Bewusstseinswandel gegenüber Technik und Umwelt und mit der dadurch bedingten zunehmenden politisch-rechtlichen Gestaltung der technischen Entwicklung mehren sich auch die juristischen Konfliktfälle. Dadurch stellt sich die Aufgabe, über neue Formen der Vermittlung zwischen technischem Sachverstand und *Rechtsprechung* nachzudenken; als extreme Forderung ist hierzu die Schaffung von Technikgerichten vorgeschlagen worden.

Zwischen den beiden Extremfällen einer monopolartigen Zentralisierung der Technikbewertung und einer völligen Dezentralisierung von isoliert nebeneinanderstehenden Einheiten sind vielfältige Übergangsformen denkbar. Es dürfte zweckmäßig sein, den mittleren Weg einer *pluralistischen Lösung* mit konkurrierenden Institutionen einzuschlagen, wobei allerdings die sachlich erforderlichen Vernetzungen durch geeignete *Koordinierungsinstitutionen* gewährleistet sein müssen.

Informations- und Dokumentationszentren sollten sicherstellen, dass die Resultate der systematischen Technikbewertungsstudien allgemein zugänglich sind. Um möglichst weitgehende Neutralität zu gewährleisten, dürften solche Zentren keine eigenen Technikbewertungsstudien durchführen.

Affected citizens claim more say when it comes to concrete, local technological projects; this often brings them into conflict with existing institutions. *Participatory technology assessment*, which has been demanded, faces the special difficulty of making the affected parties so well-informed that they are able to form well-founded judgements. Planning cells – in which representatives of politics and public administration, experts, and citizens would work together – have been proposed as one possible form of participatory technology assessment.

In representative democracies, it is primarily the parliaments that set priorities for state and societal development with legislation and budget resolutions. Since political decisions on technology must be made constantly, there is a need for standing *parliamentary advisory capacities for technology assessment*. Concepts for organising this range from well-staffed bureaucracies with their own research capacities, to small commissions, to advisory boards with purely mediating and preparatory functions, to commissions of inquiry and parliamentary committees.

The executive branch also faces new tasks related to technology assessment, which fall into the purview of several departments. *Interdepartmental forms of administrative co-ordination* are thus advisable.

Cases of conflict that land in the courts are increasing with the penetration of technology into all areas of life, with the change in consciousness as regards technology and the environment, and with the attendant increase in the political and legal shaping of technological development. This presents the task of reflecting on new forms of mediation between technical expertise and *adjudication*. As an extreme demand, the creation of technology courts has been proposed to this end.

Between the two extreme cases of monopolistic centralisation of technology assessment and complete decentralisation with isolated units standing side by side, a multitude of intermediate forms are imaginable. It may be advisable to adopt the middle course of a *pluralistic solution* with competing institutions, in which networking (which is necessary for practical reasons) is guaranteed with suitable *co-ordinating institutions*.

Information and documentation centres should ensure that the findings of systematic technology assessment studies are available to the public. To provide for the greatest possible neutrality, such centres should not be permitted to carry out their own technology assessment studies.

Eine besonders schwierige, aber unerlässliche Aufgabe ist schließlich die vergleichende Gegenüberstellung und auswertende Diskussion konkurrierender Technikbewertungsstudien. Soweit es dabei vorrangig um widersprüchliche Expertenäußerungen zu Sachfragen geht, können *wissenschaftlich-technische Anhörungs- und Beurteilungsverfahren* (Hearing, Science Court usw.) klärend wirken, weitergehende Untersuchungen anregen und gegebenenfalls einen bedingten Konsens der Experten zustande bringen. Soweit divergierenden Beurteilungen Interessensgegensätze und Wertkonflikte zugrunde liegen, können sie auf diese Weise lediglich transparent gemacht werden. Die eigentliche Entscheidung muss den Institutionen der gesellschaftlich-politischen Willensbildung vorbehalten bleiben.

Organisiert man die Technikbewertung in derartigen Formen, würden vielfältige Institutionen mit unterschiedlichem gesellschaftlichem und theoretischem Hintergrund und verschiedenartigen Ansätzen nebeneinander bestehen und einander ergänzen. Wenn der Zwang besteht, sich mit andersartigen Argumenten ernsthaft auseinanderzusetzen, wird am ehesten eine angemessene Information, Bewertung und Entscheidungsfindung erreicht. Ein solches *Netzwerk von Institutionen* bleibt grundsätzlich offen für neue organisatorische Formen.

Da technische Entwicklungen heute die gesamte Geosphäre beeinflussen, müsste die Technikbewertung in Zukunft auch zwischenstaatlich und in *internationalen Institutionen* durchgeführt werden.

Finally, an especially difficult but indispensable task is the comparative confrontation and evaluative discussion of competing technology assessment studies. Insofar as this primarily concerns contradictory expert statements on factual questions, *scientific-technical proceedings for offering expert opinions and judgements* (hearings, science courts, etc.) can help clarify matters, spur more extensive studies, and if occasion arises bring about a conditional consensus among the experts. Insofar as divergent judgements are based on conflicting interests and values, these can merely be made transparent in this manner. The actual decision must be reserved to the institutions of sociopolitical formation of volition.

If technology assessment were organised in such forms, a variety of institutions with different societal and theoretical backgrounds and diverse approaches would coexist and complement one another. The obligation to seriously confront different arguments is the best way to achieve appropriate information, assessment, and decision-making. Such a *network of institutions* remains fundamentally open for new organisational forms.

Because technological developments influence the entire geosphere today, in the future technology assessment must also be carried out transnationally and in *international institutions*.

Schrifttum/References

- Ayres, R.U.*: Prognose und langfristige Planung in der Technik. München: Hanser 1971
- Blohm, H., u. K. Steinbuch* (Hrsg.): Technische Prognosen in der Praxis. Düsseldorf: VDI-Verlag 1972
- Böhret, C., u. P. Franz*: Technologiefolgenabschätzung. Institutionelle und verfahrensmäßige Lösungsansätze. Frankfurt/New York: Campus 1982
- Bungard, W., u. H. Lenk* (Hrsg.): Technikbewertung. Frankfurt: Suhrkamp 1988
- Daenzer, W.F.* (Hrsg.): Systems engineering. Zürich: Verlag Industrielle Organisation 1976/77, bes. Kapitel 8
- Daimler-Benz AG (Hrsg.): Technologiefolgenabschätzung und Technikbewertung, Report 10, Schriftenreihe der Daimler-Benz AG. Düsseldorf: VDI-Verlag 1989
- Dierkes, M., T. Petermann, V. von Thienen* (Hrsg.): Technik und Parlament – Technikfolgen-Abschätzung: Konzepte, Erfahrungen, Chancen. Berlin: Edition Sigma 1986
- Hetman, F.*: Society and the Assessment of Technology. Paris: OECD 1973
- Huisinga, R.*: Technikfolgenbewertung. Frankfurt: Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung 1985
- Lenk, H., u. G. Ropohl* (Hrsg.): Technik und Ethik. Stuttgart: Reclam-Verlag 1987
- Marhenkel, H., u. W. König* (Hrsg.): Technikbewertung Wärmepumpe: Vorträge und Diskussionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1985
- Moser, S., u. A. Huning* (Hrsg.): Wertpräferenzen in Technik und Gesellschaft: Vorträge und Diskussionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1976
- Moser, S., u. A. Huning* (Hrsg.): Werte und Wertordnungen in Technik und Gesellschaft: Vorträge und Diskussionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978 (2. Auflage)
- Münch, E., O. Renn, T. Roser*: Technik auf dem Prüfstand: Methoden und Maßstäbe der Technologiebewertung. Essen: W. Girardet Verlag 1982
- OECD, ed. Methodological guidelines for social assessment of technology. Paris: OECD 1975
- Paschen, H., K. Gresser, S. Conrad*: Technology Assessment — Technologiefolgenabschätzung: Ziele, methodische und organisatorische Probleme, Anwendungen. Frankfurt and New York: Campus 1978
- Porter, A.L., F.A. Rossini, S.R. Carpenter*: A guidebook for technology assessment and impact analysis. New York/Oxford: Elsevier North Holland 1980
- Rapp, F.* (Hrsg.): Ideal und Wirklichkeit der Techniksteuerung: Sachzwänge – Werte – Bedürfnisse: Vorträge und Diskussionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1982
- Rapp, F., u. M. Mai* (Hrsg.): Institutionen der Technikbewertung: Standpunkte aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1989
- Ropohl, G.* (Hrsg.): Maßstäbe der Technikbewertung: Vorträge und Diskussionen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1979
- Ropohl, G., W. Schuchardt, R. Wolf* (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung. Dortmund: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS) 1990
- von Thienen, V.*: Technikfolgenabschätzung und sozialwissenschaftliche Technikforschung: Eine Bibliographie. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin 1983
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Technologien auf dem Prüfstand: Die Rolle der Technologiefolgenabschätzung im Entscheidungsprozess. Köln: Carl Heymanns Verlag 1983
- Westphalen, R. Graf von* (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als politische Aufgabe. München: Oldenbourg-Verlag 1988
- Zangemeister, C.*: Methoden der Technologiebewertung – Technology Assessment. In: RKW-Handbuch Forschung, Entwicklung, Konstruktion (F + E), hrsgg. in Zusammenarbeit mit dem RKW e.V. von *H.H. Moll* und *H.J. Warnecke*. Köln, Bonn, Berlin und München: Erich Schmidt Verlag 1981 (2. Band)