

*Rip, A.; Misa, Th.J.; Schot, J., 1995: Managing Technology in Society: The Approach of Constructive Technology Assessment. London*

*Stauffacher, M.; Walter, A.I.; Lang, D.J. et al., 2006: Learning to research environmental problems from a functional socio-cultural constructivism perspective: the transdisciplinary case study approach. In: International Journal of Sustainability in Higher Education 7/3 (2006), S. 252–75*

*Steinfeld, J.I.; Mino, T., 2009: Education for sustainable development: the challenge of transdisciplinarity. Special feature: Editorial. In: Sustainability Science 4 (2009), S. 1–2*

### Kontakt

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)  
Hamburger Allee 45, 60486 Frankfurt a. M.  
Internet: <http://www.isoe.de>

Dr. habil. Diana Hummel  
E-Mail: [hummel@isoe.de](mailto:hummel@isoe.de)

Dr. Immanuel Stieß  
E-Mail: [stiess@isoe.de](mailto:stiess@isoe.de)

« »

## Komplexität, Unsicherheit und Ambivalenz

### Vermittlung von TA und ihrer Methoden in der universitären Lehre

von Ortwin Renn, Universität Stuttgart

**Im Berufs- wie im Alltagsleben sind Menschen auf Technik angewiesen. Ohne Eingriffe in die Natur auf der Basis von Arbeitsteilung, Organisationsbildung und Technikeinsatz wäre es der Menschheit unmöglich, die bis heute erzielte Siedlungsdichte sowie den ethischen Anspruch auf individuellen Lebenserhalt in menschenwürdigen Umständen aufrechtzuerhalten. Gleichzeitig schafft die Nutzung von Technik aber auch neue Risiken. Inwieweit die entstehenden Risiken durch den erwünschten Nutzen ausgeglichen werden, lässt sich oft im Voraus nicht bestimmen. Da viele Folgen des technischen Einsatzes unsicher sind, die Wissensgrundlage durch komplexe Ursache-Wirkungsketten umstritten und die Bewertung der Technikfolgen durch die betroffenen Menschen variiert, kann Technikfolgenabschätzung nur eine Orientierungshilfe im Sinne von Zukunftsszenarien und Potenzialabschätzungen liefern. In der universitären Lehre ist es daher geboten, sowohl die Leistungsfähigkeit als auch die Grenzen der TA anschaulich zu vermitteln. Dazu sind vor allem Rollenspiele und Szenarioworkshops gut geeignet. Darüber hinaus können die methodischen Vorgehensweisen durch eine Kombination von Wertbaumanalysen, Multi-Kriterien-Entscheidungshilfen und Gruppen-Delphi-Prozesse veranschaulicht werden. Das wesentliche Ziel dabei ist es, komplexe Wirkungszusammenhänge zu begreifen, Unsicherheiten zu charakterisieren und die Vieldeutigkeit von Interpretationen anzuerkennen.**

### 1 Einleitung

Unser heutiges Leben ist weitgehend durch Technik bestimmt. Vom Klingeln des Weckers bis zum Einschlafen vor dem Fernseher, vom Fahrradausflug bis zur Auto- oder S-Bahnfahrt zur Arbeit, von der Bereitung von Speisen bis zur Produktion von Gütern und Dienst-

leistungen, von Sportdarbietungen bis zur vollautomatischen Kegelbahn, es gibt keinen Lebensbereich des Menschen, in dem die Technik keine Rolle spielt. Der Mensch ist notgedrungen auf Technik angewiesen. Aber eine Reihe von Fragen bleibt: Wieviel Technik muss es sein und welche Vor- und Nachteile handeln wir uns ein, wenn wir Technik einsetzen? Wo befreit uns die Technik von Zwängen des Alltags und wo spannt sie uns in ein neues Korsett von Abhängigkeiten und Lebensrisiken ein? Wie sollte eine Technik aussehen, die wirtschaftlich vorteilhaft, risikoarm und ökologisch verträglich ist? Gibt es so etwas überhaupt? Auf all diese Fragen versucht die Technikfolgenabschätzung Antworten zu geben.

Hinter dem Wortungetüm „Technikfolgenabschätzung“ verbirgt sich eine einfache Aufgabe: Technikfolgenabschätzung (kurz TA) dient dem Ziel, durch wissenschaftliche Analysen die Konsequenzen, die mit dem Einsatz von Technik für die Gesellschaft verbunden sind, zu identifizieren und zu bewerten. TA beruht auf dem Versuch einer systematischen Identifizierung und Bewertung von technischen, umweltbezogenen, ökonomischen, sozialen, kulturellen und psychischen Wirkungen, die mit der Entwicklung, Produktion, Nutzung und Verwertung von Techniken einhergehen (Grunwald 2000; Bullinger 1994).

Das Versprechen der TA besteht darin, die Konsequenzen technischer Handlungen antizipieren zu können und dadurch den dornenreichen Weg von Versuch und Irrtum zumindest weniger schmerzhaft zu gestalten, wenn nicht sogar vollständig zu vermeiden. Ist eine solche Erwartung realistisch? Können wir von „Versuch und Irrtum“ auf „Simulation und Vermeidung“ umschalten? Ein Blick in die Geschichte der TA nährt die Skepsis, ob dieser hohe Anspruch eingelöst werden kann.

In diesem Beitrag geht es darum, zum einen die Aussagekraft von Technikfolgenabschätzung zu verdeutlichen und auf die Probleme der Komplexität, Unsicherheit und Ambivalenz hinzuweisen. Zum anderen ergeben sich daraus wichtige Rückschlüsse für die Organisation der Lehre, um TA und deren Potenziale möglichst „artgerecht“ an die künftigen Technikgestalter(innen), vor allem aus den Ingenieurwissenschaften, zu vermitteln.

## 2 Komplexität, Ambivalenz und Ungewissheit: Begleitumstände der Technikfolgenforschung

In unserem Bestreben, die möglichen Wirkungen und Nebenwirkungen von Technik aufzuzeigen, werden wir durch drei zentrale Probleme der Zukunftsgestaltung erheblich gebremst. Die Probleme heißen: Ambivalenz, Komplexität und Unsicherheit (Renn 2008, S. 74ff.). Beginnen wir mit dem ersten Stichwort: Ambivalenz. Die Hoffnung auf Vermeidung von negativen Technikfolgen ist trügerisch, weil es keine Technik gibt, nicht einmal geben kann, bei der nur positive Auswirkungen zu erwarten wären. Dies klingt trivial. Ist es nicht offensichtlich, dass jede Technik ihre guten und schlechten Seiten hat? Die Anerkennung der Ambivalenz besagt aber mehr, als dass wir uns mit Technik weder das Paradies noch die Hölle erkaufen. Es ist eine Absage an alle kategorischen Imperative und Handlungsvorschriften, die darauf abzielen, Techniken in moralisch gerechtfertigte und moralisch ungerechtfertigte aufzuteilen (Grunwald 2008, S. 339ff.). Es gibt keine Technik mit lauter positiven oder lauter negativen Technikfolgen, gleichgültig welche Technik wir im Einzelnen betrachten. Bei jeder neuen technischen Entscheidung sind wir angehalten, immer wieder von Neuem die positiven und negativen Folgepotenziale miteinander abzuwägen. Auch die Solarenergie hat ihre Umweltrisiken, wie auch die Kernenergie ihre unbestreitbaren Vorteile aufweist. Ambivalenz ist das Wesensmerkmal jeder Technik. Folgt man dieser Gedankenkette weiter, dann bedeutet institutioneller Umgang mit Ambivalenz, dass Techniken weder ungefragt entwickelt und eingesetzt werden dürfen, noch dass wir jede Technik verbannen müssen, bei der negative Auswirkungen möglich sind.

Gefragt ist also eine Kultur der Abwägung. Zur Abwägung gehören immer zwei Elemente: Wissen und Bewertung (Renn 2005). Wissen sammelt man durch die systematische, methodisch gesicherte Erfassung der zu erwartenden Folgen eines Technikeinsatzes (Technikfolgenforschung). Bewertung erfolgt durch eine umfassende Beurteilung von Handlungsoptionen aufgrund der Wünschbarkeit der mit jeder Option verbundenen Folgen, einschließlich der Folgen des Nichtstuns, der sog. Nulloption (Technikfolgenbewertung). Eine Entscheidung über

Technikeinsatz kann nicht allein aus den Ergebnissen der Folgenforschung abgeleitet werden, sondern ist auf eine verantwortliche Abwägung der zu erwartenden Vor- und Nachteile auf der Basis nachvollziehbarer und politisch legitimierter Kriterien angewiesen (Dierkes 1991). Für das erste Element, die Technikfolgenforschung, brauchen wir ein wissenschaftliches Instrumentarium, das uns erlaubt, so vollständig, exakt und objektiv wie möglich Prognosen über die zu erwartenden Auswirkungen zu erstellen. Für das zweite Element benötigen wir Kriterien, nach denen wir diese Folgen intersubjektiv verbindlich beurteilen können. Solche Kriterien sind nicht aus der Wissenschaft abzuleiten: Sie müssen in einem politischen Prozess durch die Gesellschaft identifiziert und entwickelt werden.

Beide Aufgaben wären weniger problematisch, gäbe es nicht zwei weitere Probleme: Komplexität und Unsicherheit (Funtowicz, Ravetz 2001). „Komplex“ bedeutet, dass zwischen Ursache und Wirkung viele intervenierende Größen wirksam sind, die diese Beziehung entweder verstärken oder abschwächen, so dass man aus der beobachteten Wirkung nicht ohne weiteres rückschließen kann, welche Ursachen dafür verantwortlich sind (WBGU 2000, S. 195ff.). Komplexität verweist auf Kausalzusammenhänge, die nur schwer zu identifizieren und zu quantifizieren sind. Grund hierfür können interaktive Effekte zwischen einer Vielzahl an ursächlichen Faktoren sein (z. B. mehrfache Synergien oder lange Verzögerungszeiten zwischen Ursachen und Wirkungen). Diese komplexen Zusammenhänge erfordern besonders anspruchsvolle wissenschaftliche Untersuchungen, da die Ursache-Wirkungs-Beziehungen weder evident noch direkt beobachtbar sind. Im Fall von nicht-linearen Beziehungen, die auch durch probabilistische Techniken nicht mehr adäquat erfasst werden können, entsteht aus Komplexität Unbestimmtheit. Die psychologische Forschung hat eindringlich gezeigt, wie schwer es Menschen in Entscheidungssituationen fällt, mit komplexen Sachverhalten adäquat umzugehen (Dörner et al. 1999).

Das zweite wesentliche Element jeder wissenschaftlichen TA betrifft den Grad der Unsicherheit. Die meisten TA Studien beruhen darauf, dass es nur selten deterministische, d. h. festgelegte Ursache-Wirkungsketten in Folge des Einsatzes von Technologien gibt. Gleiche

oder ähnliche Folgewirkungen können bei unterschiedlichen Individuen, Gruppen oder Gesellschaften zu einer Vielzahl von höchst unterschiedlichen Reaktionen führen (van Asselt 2000). Die Unsicherheit umfasst zum einen Messfehler (z. B. durch die Extrapolation von Daten aus Stichproben auf die Allgemeinheit) und die Variation von Kontextfaktoren, die eine eindeutige Zuordnung von Folgen zu Ursachen erschweren. Zum anderen bezieht sie sich auf Unbestimmtheit und Nicht-Wissen, das daraus resultieren kann, dass Messungen nicht möglich sind oder Wirkungen gezielt nur in bestimmten Systemgrenzen analysiert und damit systemübergreifende, externe Einflüsse und Wirkungen außer Acht gelassen werden (Japp 1999).

Technikfolgenabschätzung kann aufgrund der drei hier skizzierten Problembereiche helfen, die Dimensionen und die Tragweite unseres Handelns wie unseres Unterlassens zu verdeutlichen. Sie kann aber weder die Ambivalenz der Technik auflösen noch die zwingende Ungewissheit und Komplexität über die Zukunft außer Kraft setzen. Sie kann bestenfalls dazu beitragen, Modifikationen des technischen Handelns vorzuschlagen, die bessere Entscheidungen nach Maßgabe des verfügbaren Wissens und unter Reflexion des erwünschten Zweckes wahrscheinlicher machen.

### 3 Rückschlüsse für die Lehre

Um Technikfolgenforschung und rationale Bewertungsverfahren einzuüben, bedarf es entsprechender und den Problemen der TA angemessener Lehrangebote sowie didaktischer Konzepte. Leider gibt es bisher auf diesem Gebiet nur wenig. Insofern sei es mir erlaubt, an dieser Stelle meine eigenen Lehrerfahrungen auf dem Gebiet der TA zum Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen zu machen.

*a. Stichwort Komplexität:* Abstrakt versteht man schnell, was mit Komplexität gemeint ist und wie komplexe Zusammenhänge einfache Prognosen und Schlussfolgerungen erschweren. Wie sich das aber an konkreten Problemstellungen zeigt, ist wesentlich schwerer zu vermitteln. In meinen Lehrveranstaltungen habe ich deshalb versucht, Beispiele einzuführen, bei denen man komplexe Zusammenhänge mit ihren positiven und negativen Rückwirkungen anschaulich er-

fahren kann. Meist habe ich dazu ein Generalthema gewählt, zum Beispiel die Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von Energie. Dabei gehe ich folgendermaßen vor: Zunächst werden die Studierenden in Arbeitsgruppen aufgeteilt und jede Arbeitsgruppe erhält eine leicht voneinander abweichende Aufgabenstellung:

- Diskutieren Sie die Rolle der Biomassennutzung für die Unabhängigkeit von ausländischen Energieimporten.
- Beleuchten Sie die Rolle der Biomassennutzung für die Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.
- Beraten Sie den Beitrag zur Entwicklungspolitik und zur Stärkung der Wirtschaftskraft sich entwickelnder Länder.
- Untersuchen Sie das Ziel einer Verbesserung der einheimischen Landwirtschaft durch profitablere Biomassennutzung.

Alle vier Arbeitsgruppen werden zusätzlich gebeten, die weitergehenden positiven und negativen Nebenwirkungen unter die Lupe zu nehmen. Die einzelnen Gruppen werden nicht darüber informiert, dass jede Gruppe eine andere Zielsetzung erhalten hat. Nach den Arbeitsgruppensitzungen werden die Sprecher(innen) der Gruppen gebeten, im Plenum zunächst die jeweiligen positiven und negativen Nebenwirkungen, die sie gefunden haben, vor den anderen zu erläutern.

Immer wenn ich diese Methode eingesetzt habe, sind alle Beteiligten hoch erstaunt, dass die Strukturierung, ja selbst die Nennung und das Vorzeichen der Nebenwirkungen innerhalb der Gruppen weit streuten. Allein die Fokussierung auf eine bestimmte Zielsetzung begünstigt eine verengte Sichtweise, die bestimmte Nebenwirkungen erst gar nicht in das Bewusstsein einbringt und eine „Vorbewertung“, was als positiv und was als negativ bewertet wird, nahelegt. Diese Erfahrung der Studierenden lässt sich als Paradebeispiel für die Verdeutlichung der sog. Framing-Effekte, die allein durch die Fragestellung und die damit verbundenen Assoziationen die zu erwartenden Lösungen rahmen (Jasanoff 2004). Darüber hinaus können die eher kognitiven Komplexitätsaspekte durch die von Dörner et al. (1999) vorgelegten Experimente und einfachen Simulationen (etwa auf der Basis von Stella) mit den Studierenden vertieft werden.

*b. Stichwort Ungewissheit.* Für viele Studierende ist die Wahrscheinlichkeitstheorie selbst in ihrer abstrakten Form schwer zu vermitteln. Es gibt inzwischen recht gute populäre Einführungsbücher, die anscheinend paradoxe Sachverhalte in der Probabilistik anschaulich erklären und die Grundzüge probabilistischer Schließverfahren erläutern.<sup>1</sup> Besonders schwierig ist die Trennung der beiden Grundbegriffe „aleatorische“ und „epistemische Unsicherheit“ (Pate-Cornell 1996). Man stößt häufig auf völliges Unverständnis, dass ausgerechnet die „reinen“ Zufallsschwankungen statistisch genauer berechnet werden können als die Unsicherheiten, die durch mangelndes Wissen entstehen. Es hilft, die Gründe für unsichere Abschätzungen zu klassifizieren. Im systematischen Überblick haben wir im Unterricht fünf Typen von Ungewissheit differenziert betrachtet (Renn et al. 2007, S. 73f.):

- nicht erkannte oder nur geschätzte Variabilität bei den Subjekten der TA-Prognosen, v. a. bei der inter-individuellen Sensibilität von Individuen gegenüber identischen Auslösern. Im Prinzip reagiert jedes Individuum anders auf einen identischen Auslöser;
- die Summe der zufälligen und systematischen Messfehler bei der Extrapolation und bei der Interpretation von wissenschaftlichen Daten aus Erhebungen, Fallstudien und Beobachtungen (Modell und Datenunsicherheit);
- genuin stochastische Prozesse, bei denen nicht deterministische Beziehungen in der Kausalkette vorliegen – gleichgültig, ob diese in der Natur der Sache angelegt sind oder dem Mangel an Wissen entspringen;
- das Setzen von Systemgrenzen für die Betrachtung (Welche Folgedimensionen werden ausgewählt? Welche Abläufe werden betrachtet?);
- verbleibende Unwissenheit, Ahnungslosigkeit und Ignoranz.

Während die drei ersten Faktoren der Unsicherheit in die statistischen Konfidenzintervalle von probabilistischen Berechnungen prinzipiell eingebracht werden können, sind die beiden letzten Komponenten nur qualitativ zu beschreiben. Sie sind gleichsam Mahnung für alle Studierende, nicht allein auf die numerischen Wahrscheinlichkeiten zu achten, sondern auch die Notwendigkeit der Setzung von Betrachtungs-

tungsgrenzen sowie die verbleibende Ignoranz mit zu berücksichtigen.

Um diese Klassifizierung zu üben, setze ich im Unterricht gerne Planspiele ein – beispielsweise zu den Themen Neue Energietechnologien wie DesertTech (s. Schlaich et al. 2005) oder Nanotubes, bei denen mögliche Negativfolgen theoretisch möglich, aber experimentell noch nicht nachgewiesen sind. Die Studierenden haben dann zwei Aufgaben: Zum einen müssen sie ein Forschungsprogramm entwerfen, um die jeweiligen Risiken so genau wie möglich zu erfassen, und zum zweiten ein Skript für einen Entscheidungsprozess entwerfen, um den Einsatz dieser Technologie sinnvoll zu regulieren. Denn Entscheidungen müssen auch unter Unsicherheit getroffen werden. Je unsicher das Wissen über die möglichen Folgen ist, desto wichtiger werden Kriterien wie Robustheit und Resilienz, d. h. die Auslegung eines technischen und organisatorischen Systems in Richtung auf Verringerung der Verwundbarkeit und der prinzipiellen Schaffung von Reaktionsmöglichkeiten auf unangenehme Überraschungen (Collingridge 1996). Durch eine Reihe von Fallbeispielen (Gefährdung der Ozonschicht, Blei in Benzin, Contergan, Tschernobyl etc.) lernen die Studierenden, wie die Nichtbeachtung oder Verdrängung von Unsicherheiten zu erheblichen negativen Auswirkungen führten. Gleichzeitig werden aber auch Beispiele aufgeführt, bei denen übertriebene Vorsicht zu einer Nichtbeachtung technischer Chancen geführt haben. Das beginnt bei den Protesten gegen die Einführung der Eisenbahn oder der elektrischen Straßenbeleuchtung bis hin zu den vehementen Protesten gegen Mobilfunkanlagen.

*c. Stichwort Ambivalenz:* Auch wenn es gelingt, Komplexität und Unsicherheit bestmöglich zu erfassen, sind eindeutige Ergebnisse in der TA auch bei rigoroser Anwendung der angemessenen Methoden nicht zu erwarten. Das liegt zum einen daran, dass die Wünschbarkeit von einzelnen Folgen innerhalb der Gesellschaft umstritten sind (man denke etwa an Techniken wie das therapeutische Klonen), zum anderen daran, dass sich Menschen in unterschiedlichem Maße risikofreudig, risikoneutral oder risikoaversiv verhalten (Erdmann, Wiedemann 1995, S. 136f.). Beide Problemfelder, die Präferenzdifferenzen zwischen Menschen und Gruppen und die verschiedenen

Ausprägungen der Risikoeinstellung, können im Unterricht gut durch Rollenspiele veranschaulicht werden. Dabei wird den Studierenden jeweils eine bestimmte Rolle zugeteilt, die sie in einem simulierten Entscheidungs- oder Kommunikationsprozess einnehmen müssen. Besonders ergiebig sind Simulationen von Pressekonferenzen, Talkshows, öffentlichen Anhörungen oder Arbeitssitzungen von Regulierern mit betroffenen Gruppen. Jeder Studierende lernt dabei, die verschiedenen Präferenzen der jeweils anderen Rollenträger zu respektieren und die Legitimität von unterschiedlichen Risikopräferenzen zu erkennen. Besonders lehrreich ist dabei, wenn ein und derselbe Studierende nacheinander unterschiedliche Rollen mit ganz diversen Grundüberzeugungen spielen muss.

Wichtig beim Rollenspiel sind drei Voraussetzungen: Zum ersten muss der Spielleiter sicherstellen, dass keine Stereotype oder Klischees reproduziert werden; zum zweiten muss der Lerncharakter des Spiels stetig präsent sein und es darf keine Verselbständigung der schauspielerischen Leistungen geben und zum dritten muss die Spielsituation immer wieder neu reflektiert und ausgewertet werden, ohne dabei aber einzelne Spieler bloßzustellen.

*d. Methodische Kompetenz:* Entlang der Aspekte Komplexität, Unsicherheit und Ambivalenz ist es auch eine wichtige Aufgabe in der Lehre, die entsprechenden innovativen Methoden der TA mit den Studierenden einzuüben. Für die Erfassung von ambivalenten Bewertungen sind zwei Methoden von besonderer Bedeutung: die Wertbaumanalyse zur Erfassung von heterogenen Zielsetzungen und Bewertungskriterien und die multiattributive Entscheidungslogik für die Entscheidung unter konfligierenden Zielsetzungen.

Zunächst zur *Wertbaumanalyse:* Diese Methode beruht auf dem Grundsatz, dass alle von einer Maßnahme betroffenen Parteien ihre normativen Grundlagen (Prinzipien, Werte, Kriterien) für die Beurteilung unterschiedlicher Handlungsoptionen (etwa die Einführung bzw. Ablehnung einer neuen Technologie) offen legen und als Materialsammlung für die Erarbeitung von Bewertungskriterien zur Verfügung stellen (Renn 1999). Ziel ist es, die latenten Werte einer Person in eine logisch konsistente und kommunikativ nachvollziehbare

Form zu bringen. Im Prozess der Wertbaumerstellung sind operativ sieben Phasen zu unterscheiden (s. Tab. 1).

Das Wertbaumverfahren kann man gut im Unterricht einsetzen. Ich kombiniere es gerne mit dem Rollenspiel, indem die Mitwirkenden im Spiel zunächst eine Phase der Wertbaumgenerierung durchlaufen. Die Studierenden werden in verschiedene Gruppen (Stakeholder) aufgeteilt und ein Team übernimmt die Rolle des Organisators und Analytikers. Die Rollen können auch im Verlauf des Spiels getauscht werden, damit möglichst alle einmal die Analyse-methode selbst praktizieren können. Der gemeinsam erstellte Wertbaum kann dann später als Instrument der Gesprächsführung im Rahmen einer simulierten deliberativen Konflikt-schlichtung oder bei der Anwendung entscheidungsanalytischer Verfahren eingesetzt werden.

**Tab. 1: Die Schritte einer Wertbaumanalyse**

Schritt	Beschreibung
1	Persönliches Interview mit dem oder den Vertreter(n) einer Interessen-, Lebensstil- oder Wertgruppe
2	Strukturierungsvorschlag der Interviewergebnisse in Form eines hierarchisch gegliederten Wertbaumes
3	Rückkopplung des Vorschlags an die Interessengruppe und Sammeln von Verbesserungsvorschlägen
4	Iteration von Rückkopplung und Verbesserung, bis Mitglieder der Interessengruppen dem Wertbaum für ihre Organisation zustimmen
5	Ausarbeitung eines gemeinsamen additiven Wertbaumes im Diskurs mit allen beteiligten Gruppen in mehreren Sitzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition und Klärung der Begriffe (Extension)</li> <li>• Begründung für normative Geltung aller Werte</li> <li>• Begründung für Anwendbarkeit auf Bewertungsobjekte</li> <li>• Einigung auf Grundstruktur des Baumes</li> <li>• Erarbeitung eines gemeinsamen Wertbaumes</li> </ul>
6	Überprüfung des gemeinsamen Wertbaumes nach formalen Gesichtspunkten
7	Validierung des Gesamtwertbaumes durch jede Gruppe (mit Möglichkeit der Nullgewichtung einzelner Werte)

Quelle: Eigene Darstellung

Unter den formalen entscheidungsanalytischen Verfahren übe ich mit den Studierenden vor allem die *multidimensionalen Techniken (Multi-Criteria oder Multi-Attribute Decision Making)* ein (Renn 1994). Diese Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass sie Konflikte zwischen den Bewertungskategorien und den beteiligten Personen über die relative Bedeutung der Bewertungskriterien voraussetzen. Die entscheidungsanalytische Methode lässt sich in drei Gruppen mit insgesamt sieben Schritten beschreiben (Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1992, S. 345ff.). Die Schritte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Das Verfahren setze ich im Unterricht so ein, dass die Nennungen auf einer der unteren Ebenen des von den Teilnehmern übernommenen oder entwickelten Wertbaumes als Beurteilungskriterien ausgewählt werden. Alle Kriterien der ausgewählten Ebene des Wertbaumes werden ausführlich in Kleingruppensitzungen von drei bis sechs Studierenden diskutiert und erhalten dann ein numerisches Gewicht zwischen 0 und 1, wobei sich die Gewichte aller Kriterien insgesamt zu 1 addieren. Falls sinnvoll, können die numerischen Bewertungen noch mit der subjektiven Wahrscheinlichkeit des vermuteten Eintreffens der jeweiligen Folge gewichtet werden.

**Tab. 2: Schritte der multidimensionalen Entscheidungsanalyse**

<i>I.</i>	<i>Wert- und Zielfindung</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen von Werten und Kriterien (etwa durch das Wertbaumverfahren)</li> <li>• Festlegung der Optionen</li> </ul>
<i>II.</i>	<i>Datenbeschaffung und Beurteilung der Optionen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prognose der Konsequenzen</li> <li>• Wahrscheinlichkeitsabschätzung der Konsequenzen</li> </ul>
<i>III.</i>	<i>Abwägung</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überführung der Konsequenzen in Nutzeinheiten</li> <li>• Bewertung der Optionen durch Gewichtung der Kriterien</li> <li>• Entscheidung</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung

Die numerischen Ergebnisse werden den Teilnehmern lediglich als Orientierung für die von ihnen vorgenommene Gesamtbewertung gege-

ben. In dem folgenden deliberativen Schritt der Entscheidungssimulation oder der eigenen Urteilsfindung wird den Studierenden anheim gestellt, die Reihenfolge der Eignung auf der Basis der Nutzwerte oder mit Hilfe anderer intuitiver Überlegungen zu bestimmen. Dabei zeigt sich, dass die meisten Studierenden die numerischen Nutzwerte als zuverlässige Indikatoren der eigenen Präferenzen ansehen und sie auch zur Abstützung des eigenen Urteils nutzen.

Alle Entscheidungsverfahren beruhen zum einen auf einer Eingabe subjektiver Präferenzen (die auch in einem Gruppenprozess konsensual festgelegt werden können) und einer Abschätzung der mit den Präferenzen verbundenen Konsequenzen. Damit verlassen wir das Thema Ambivalenz und wenden uns den schon beschriebenen Problemen der Unsicherheit und der Komplexität zu. Methodisch haben sich in der Folgenforschung vor allem die Szenariotechnik, Cross-Impact-Analysen, Metaevaluationen, Simulationen und Delphi-Verfahren bewährt, um komplexe und unsichere Folgenabschätzungen vorzunehmen. Mit Studierenden lässt sich v. a. gut das Verfahren des sog. *Gruppen-Delphis* einüben, das wir als Modifikation des klassischen Delphis vor rund 20 Jahren entwickelt haben (Webler et al. 1991). Anders als beim klassischen Delphi werden die Teilnehmer(innen) dabei nicht durch postalische Befragung und Rückkopplung miteinander verbunden, sondern zu einem gemeinsamen Workshop eingeladen. In der Lehre kann ein solcher Workshop simuliert werden.

Am Anfang werden den Studierenden Aufgabenstellung und Ablauf erläutert (Schulz, Renn 2009a; dies. 2009b). Dann werden die Teilnehmer(innen) in einer ersten Runde in drei bis vier Gruppen aufgeteilt. Jede dieser Kleingruppen von drei bis vier Personen erhält die gleiche Aufgabe, nämlich einen vorbereiteten Fragebogen auszufüllen. Konsens wird dabei angestrebt, aber abweichende Voten sind möglich. Im Plenum müssen diejenigen Gruppen, deren Bewertungen signifikant vom Mittelwert aller anderen Teilnehmer(innen) abweichen, ihren Standpunkt eingehend vor den anderen begründen und im nicht-öffentlichen Streitgespräch verteidigen. Sinn dieses Austauschs von Argumenten ist es, die knappe Zeit für die Kommunikation auf die Themen zu lenken, bei denen offensichtlich die größte Diskrepanz in

den Einschätzungen auftritt. Ziel der Diskussion ist es herauszufinden, worin der Dissens begründet liegt und ob die Diskrepanzen durch Informationen und Argumente der anderen Teilnehmer(innen) aufzulösen sind.

In einer zweiten Runde wird das Verfahren in neuen Kleingruppen wiederholt. Bei der Zusammenstellung der neuen Kleingruppen wird darauf geachtet, dass in jeder Gruppe Repräsentanten der Extremgruppen aus der ersten Runde vertreten sind (durch Permutation der Mitglieder). Die Abfolge von Einzelgruppensitzungen und Plenarsitzungen wird so lange fortgeführt, bis keine signifikanten Verschiebungen der Standpunkte mehr auftreten. Am Ende eines Gruppen-Delphis erhält man in der Regel eine wesentlich eindeutigerer Verteilung der Antwortmuster. Entweder streuen die Einschätzungen der Befragten um einen Mittelwert oder es bilden sich mehrgipflige Verteilungen. Im ersten Falle ist ein Konsens weitgehend erzielt, im zweiten Fall kann man deutlich mehrere, voneinander getrennte Positionen ausmachen (Konsens über den Dissens). In beiden Fällen liefert das Delphi ausführliche Begründungen für jede Position.

Das Verfahren des Gruppen-Delphis geht von der Mehrdeutigkeit von Abschätzungen aus und zeigt die legitime Bandbreite von Folgeschätzungen auf. Man kann bei diesem Verfahren auch sehr gut probabilistische Schätzungen mit integrieren – sei es, dass man die Urteilskonfidenz in Prozentwerten zum Ausdruck bringt („Ich bin mir in meiner Antwort zu xx Prozent sicher.“), sei es, dass man ein numerisches Intervall angibt, in dessen Grenzen man zu 95 Prozent sicher ist, dass die Antwort der Realität entspricht oder entsprechen wird.

Im Rahmen des Unterrichts kann man die drei hier vorgestellten Methoden (Wertbaumanalyse, multidimensionale Entscheidungsanalyse und Gruppen-Delphi) hervorragend miteinander kombinieren. Man kann das Ganze in ein und dasselbe Rollenspiel einbinden, etwa zu den Folgen von Biomassennutzung für Energiezwecke. Auf diese Weise lässt sich über ein ganzes Semester hinweg sukzessiv an einem Fallbeispiel die Fülle der konzeptionellen Aspekte der TA und die Einsatzmöglichkeiten der methodischen Verfahren erläutern und exemplarisch einige davon in einem logisch-konsistenten Zusammenhang üben. Diese Übung simuliert dar-

über hinaus komplexe Methoden der Partizipation bei wissenschafts- und technikrelevanten Fragestellungen – wie etwa Konfliktlösungen bei Landnutzungskonflikten (Renn 2006).

Die Lehre in TA muss sich daran messen lassen, wie es ihr gelingt, den Studierenden Zuversicht in die analytische Kapazität der TA zu vermitteln und ihnen gleichzeitig Werkzeuge an die Hand zu geben, um behutsam und kompetent mit den Problemen der Komplexität, Unsicherheit und Ambivalenz umzugehen. Weder eine naive Machermentalität noch eine sauertöpfische Bedenkenträgerei sind die Lernziele dieser Einheit, sondern der verantwortungsvolle und vorausschauende Umgang mit Technik und der Gestaltung ihres Anwendungskontextes.

#### 4 Schlussbetrachtung

Technikfolgenabschätzung umfasst die wissenschaftliche Abschätzung möglicher Folgenpotenziale sowie die nach den Präferenzen der Betroffenen ausgerichtete Bewertung dieser Folgen – wobei beide Aufgaben, die Folgenforschung und -bewertung, aufgrund der unvermeidbaren Ambivalenz, Komplexität und Ungewissheit unscharf in den Ergebnissen bleiben werden. Prognosen über die technische Zukunft sind Teil von TA und zugleich unverzichtbare Bestandteile für gegenwärtige Entscheidungen; sie dürfen aber nicht die Sicherheit vortäuschen, man könnte alle gefährlichen Ereignisse und Entwicklungen vorhersagen und damit auch durch präventives Handeln ausschließen. Vor allem kann TA eine Hilfestellung bieten, um auch in Zukunft Handlungsfreiheit zu erhalten, um bei einer möglichen Fehlentwicklung, also der Erfahrung überwiegend negativer Auswirkungen, flexibel genug zu sein, um auf andere Optionen ausweichen zu können. Diese Überlegung führt zu der Forderung, nicht alles auf eine Karte zu setzen.

Was ergibt sich aus dieser Problemsicht für Lehrveranstaltungen über TA? Erstens sollten sich diese an den Aspekten Komplexität, Ambivalenz und Folgenunsicherheit der Technik orientieren. Dabei ist es zweitens didaktisch sinnvoll, zwischen der wissenschaftlichen Identifizierung der möglichen Folgen und ihrer Bewertung funktional zu trennen, dabei jedoch auf die unvermeidbare Verzahnung in der Praxis hin-

zuweisen. Drittens sollte man in der Lehre ein schrittweises, rückkopplungsreiches und reflexives Vorgehen bei der Abwägung von positiven und negativen Folgen nicht nur abstrakt darlegen, sondern dieses Vorgehen auch an konkreten Fallbeispielen mit den Studierenden einüben und vertiefen. Ob dies gelingen wird, hat nicht nur Einfluss auf die Zukunft der TA in der universitären Lehre, sondern wird auch maßgeblich unsere Möglichkeiten bestimmen, ob und inwieweit wir in Zeiten schnellen technischen Wandels in eigener Verantwortung und mit Blick auf die für uns als wesentlich erkannten Werte das notwendige Wissen und die Fundamente für ein reflexives Urteilsvermögen vermitteln können, um diese Herausforderungen auch in Zukunft meistern zu können.

#### Anmerkung

- 1) Ich nutze hierbei gerne die Bücher Dubben und Beck-Bornholdt (2006) und von Randow (2004).

#### Literatur

- Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1992: Umweltstandards. Fakten und Bewertungsprobleme am Beispiel des Strahlenrisikos. Berlin, S. 345–428
- Bullinger, H.-J.*, 1994: Was ist Technikfolgenabschätzung? Einführung und Überblick. In: Bullinger, H.-J. (Hg.): Technikfolgenabschätzung. Stuttgart, S. 3–31
- Collingridge, D.*, 1996: Resilience, Flexibility, and Diversity in Managing the Risks of Technologies. In: Hood, C.; Jones, D.K.C. (Hg.): Accident and Design: Contemporary Debates in Risk Management. London, S. 40–45
- Dierkes, M.*, 1991: Was ist und wozu betreibt man Technikfolgen-Abschätzung? In: Bullinger, H.-J. (Hg.): Handbuch des Informationsmanagements im Unternehmen: Technik, Organisation, Recht, Perspektiven. München, S. 1495–1522
- Dörner, D.; Schaub, H.; Stohschneider, S.*, 1999: Komplexes Problemlösen – Königsweg der Theoretischen Psychologie? In: Psychologische Rundschau 50/4 (1999), S. 198–205
- Dubben, H.-H.; Beck-Bornholdt, H.-P.*, 2006: Mit an Wahrscheinlichkeit grenzender Sicherheit. Logisches Denken und Zufall. Frankfurt a. M.
- Erdmann, G.; Wiedemann, R.*, 1995: Risikobewertung in der Ökonomik. In: Berg, M.; Erdmann, G.; Leist, A. et al.: Risikobewertung im Energiebereich. Zürich, S. 135–190

*Funtowicz, S.; Ravetz, J.*, 2001: Post-Normal Science. Science and Governance under Conditions of Complexity. In: Decker, M. (Hg.): Interdisciplinarity in Technology Assessment. Implementation and its Chances and Limits. Berlin (Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung, Bd. 11), S. 15–24

*Grunwald, A.*, 2000: Technik für die Gesellschaft von morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung. Frankfurt a. M.

*Grunwald, A.*, 2008: Technik und Politikberatung. Frankfurt a. M.

*Japp, K.*, 1999: Die Unterscheidung von Nicht-Wissen. In: TA-Datenbank-Nachrichten 8/3-4 (1999), S. 25–32

*Jasonoff, S.*, 2004: Ordering Knowledge, Ordering Society. In: Jasonoff, S. (Hg.): States of Knowledge: The Co-production of Science and Social Order. London, S. 13–45

*Pate-Cornell, E.*, 1996: Uncertainties in Risk Analysis: Six Levels of Treatment. In: Reliability and Systems Safety 54 (1996), S. 95–111

*Petermann, Th.*, 1994: Historie und Institutionalisierung der Technikfolgenabschätzung. In: Bullinger, H.-J. (Hg.): Technikfolgenabschätzung. Stuttgart, S. 89–113

*Renn, O.*, 1994: Zielkonflikte und Unsicherheit: Zur politischen Bewältigung multidimensionaler Entscheidungen. In: Grunwald, A.; Sax, H. (Hg.): Technikbeurteilung in der Raumfahrt. Anforderungen, Methoden, Wirkungen. Berlin, S. 105–124

*Renn, O.*, 1999: Die Wertbaumanalyse: Ein diskursives Verfahren zur Bildung und Begründung von Kriterien zur Bewertung von Technikfolgen. In: Bröchler, S.; Simonis G.; Sundermann K. (Hg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung. Bd. 2, Berlin, S. 617–624

*Renn, O.*, 2005: Technikfolgenabschätzung. In: Frey, D.; Rosenstiel, L. von; Hoyos, Graf C. (Hg.): Wirtschaftspsychologie. Weinheim, Basel, S. 339–344

*Renn, O.*, 2006: Participatory Processes for Designing Environmental Policies. In: Land Use Policy 23 (2006), S. 123–248

*Renn, O.*, 2008: Risk Governance. Coping with Uncertainty in a Complex World. London

*Renn, O.; Schweizer, P.-J.; Dreyer, M.; Klinke, A.*, 2007: Risiko. Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit. München

*Schlaich, J.; Bergermann, R.; Schiel, W.; Weinrebe, G.*, 2005: Design of Commercial Solar Updraft Tower Systems – Utilization of Solar Induced Convective Flows for Power Generation. In: Journal of Solar Energy Engineering 127/1 (2005), S. 117–125

*Schulz, M.; Renn, O.*, 2009a: Das Gruppendelphi: Konzept und Vorgehensweise. In: Schulz, M.;

*Renn, O. (Hg.):* Das Gruppendelphi. Konzept und Fragebogenkonstruktion. Wiesbaden, S. 11–22

*Schulz, M.; Renn, O.*, 2009b: Methodik des Delphis: Die Fragebogenkonstruktion. In: Schulz, M.; Renn, O. (Hg.): Das Gruppendelphi. Konzept und Fragebogenkonstruktion. Wiesbaden, S. 23–45

*van Asselt, M.B.A.*, 2000: Perspectives on Uncertainty and Risk. Dordrecht, Boston

*von Randow, G.*, 2004: Das Ziegenproblem. Denken in Wahrscheinlichkeiten. Frankfurt a. M.

*WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*, 2000: World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks. Annual Report, Heidelberg

*Webler, Th.; Levine, D.; Rakel, H.; Renn, O.*, 1991: The Group Delphi: A Novel Attempt at Reducing Uncertainty. In: Technological Forecasting and Social Change 3/39 (1991), S. 253–263

## Kontakt

Prof. Ortwin Renn  
 Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie  
 Universität Stuttgart  
 Seidenstraße 36, 70174 Stuttgart  
 Tel.: +49 (0) 7 11 / 1 21 - 39 70  
 Fax: +49 (0) 7 11 / 1 21 - 24 87  
 E-Mail: [ortwin.renn@soz.uni-stuttgart.de](mailto:ortwin.renn@soz.uni-stuttgart.de)

« »