

Schlussbericht

**Ergebnisse, Erfahrungen und Lehren aus dem
Projekt**

**„Einsatz eines multi-kriteriellen
Bewertungsmodells für Stromerzeugungs-
technologien in der Schweiz“**

Ortwin Renn und Diana Gallego Carrera

**Universität Stuttgart
Institut für Sozialwissenschaften
Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie
Seidenstraße 36
D-70174 Stuttgart**

**Dialogik
gemeinnützige Gesellschaft für
Kommunikations- und
Kooperationsforschung
Lerchenstraße 22
D-70176 Stuttgart**

Zürich 19.12.2008/Energie Trialog Schweiz

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Zielvorgaben.....	6
3	Das Modell (Tool).....	7
4	Aufgaben der Teilnehmer der drei Trialog-Workshops	9
5	Ergebnisse der drei Workshops	12
5.1	Pilotlauf-Stakeholderworkshop am 18.08.2008.....	12
5.1.1	Indikatorenliste:	12
5.1.2	Auswahl der Kriterien	12
5.1.3	Auswahl der Indikatoren.....	13
5.1.4	Ergebnisse der gewichteten Nutzwerteanalyse.....	14
5.1.5	Schlussreflektion	15
5.2	Stakeholderworkshop am 27.08.2008.....	16
5.2.1	Indikatorenliste	16
5.2.2	Auswahl der Kriterien	16
5.2.3	Auswahl der Indikatoren.....	17
5.2.4	Ergebnisse der gewichteten Nutzwertanalyse.....	18
5.2.5	Schlussreflektion	20
5.3	Stakeholderworkshop am 15. & 16.09.2008.....	20
5.3.1	Indikatorenliste	20
5.3.2	Auswahl der Kriterien	21
5.3.3	Auswahl der Indikatoren.....	21
5.3.4	Ergebnisse der gewichteten Nutzwertanalyse.....	22
5.3.5	Schlussreflektion	25
6	Vergleichende Ergebnisbetrachtung.....	26
6.1	Wahl und Gewichtung der Indikatoren	26
6.2	Die Nutzwerte Verteilung bei den Technologien	30
7	Interpretation	34
7.1	Das Modell.....	34
7.2	Struktur der Workshops	37
7.3	Impuls für den Energie Trialog Schweiz	38
	Literatur.....	40

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pilotworkshop: Bewertung der Indikatoren	14
Abbildung 2: Pilotworkshop: Technologien-Ranking im Jahr 2030	15
Abbildung 3: Stakeholderworkshop 2: Bewertungsspektrum Indikatoren	18
Abbildung 4: Stakeholderworkshop 2: Technologien-Ranking 2030/2008-12-29	19
Abbildung 5: Stakeholderworkshop 3: Bewertungsspektrum Indikatoren (Ebene 3)	23
Abbildung 6: Stakeholderworkshop 3: Gewichtung der Indikatoren (Ebene 2)	24
Abbildung 7: Stakeholderworkshop 3: Technologien-Ranking	24
Abbildung 8: Indikatoren: Gesamtmittelwerte	28
Abbildung 9: Gesamtmittelwertevergleich über alle Technologien 2008	32
Abbildung 10: Gesamtmittelwertevergleich über alle Technologien 2030	33
Tabelle 1: Workshopindikatorenauswahl	27
Tabelle 2: Durchschnittsgewichtungen der neun gemeinsamen Indikatoren	29
Tabelle 3: Durchschnittliche Nutzwerte der Technologien (2008 und 2030)	31

1 Zusammenfassung

Zielsetzung der Energie Trialog Workshops

Im Rahmen des Energie Trialog Schweiz wurden drei ganztägige Workshops zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien durchgeführt. Hierzu wurden an drei Terminen im August und September 2008 Stakeholder eingeladen, um mithilfe eines multikriteriellen Entscheidungsinstrumentes die ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit von 18 ausgewählten Stromerzeugungstechnologien¹ für die Jahre 2008 und 2030 zu bewerten. Das im Rahmen der Workshops eingesetzte computergestützte Instrument erlaubt es den Teilnehmern, ausgewählte Technologien auf rund 70 Indikatoren zu bewerten. Das Instrument war in den Jahren 2005/06 von einem interdisziplinären Wissenschaftlerkreis als Pilotprojekt für die Axpo Holding AG entwickelt wurde.

Das Instrument umfasst 70 direkt berechnete Indikatoren, mit deren Hilfe sowohl eine objektive als auch eine subjektive Bewertungsebene kombiniert werden kann. Während die Erhebung der Indikatorrendaten (performance values) mittels einer ganzheitlichen Analyse und nach objektiven Maßstäben vom Wissenschaftlerteam durchgeführt wurde, konnten die Workshopteilnehmer durch individuelle Gewichtungen ihren jeweils präferierten Einzelindikatoren Ausdruck verleihen. Somit bildet das Modell zum einen den Stand des Wissens im Bereich Technikfolgenabschätzung von Stromerzeugungstechnologien ab, zum anderen erlaubt es eine subjektive Gewichtung der Bewertungskriterien nach den eigenen Präferenzen und Werten der individuellen Beurteiler.

Der Einsatz des Modells in den Energie Trialog Workshops verfolgte daher folgende Ziele:

1. Anregung eines Dialogs bezüglich der Zusammensetzung und Gewichtung von Indikatoren;
2. Gewinnung eines differenzierten Meinungsbildes bezüglich Dissens- und Konsensurteilen sowie Identifizierung von Argumentationsfeldern, die sich in der Diskussion durchsetzen, sowie
3. Sensibilisierung für die Indikatorvielfalt und die damit auftretenden Zielkonflikte und Leistungen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien.

Ablauf der Energie Trialog Workshops

Der Ablauf der Workshops orientierte sich an den Vorgaben des Gruppen-Delphiverfahrens. Im Wechsel zwischen Kleingruppenarbeit und Plenardiskussion wurden die Workshopteilnehmer aufgefordert, in zwei Auswahlrunden aus dem bestehenden Indikatorenset diejenigen Indikatoren

¹ Folgende Technologien werden in dem Modell berücksichtigt: BHKW Biogas (CH), BHKW Erdgas (CH), BHKW Syngas (CH), Brennstoffzellen Erdgas (CH), Gaskombi Grundlast (CH), Gaskombi Grundlast (I), Gaskombi Mittellast (CH), HFR Geothermie (CH), Hydro Laufkraft (CH), Hydro Speicherkraft (CH), Kernkraftwerk Druckwasserreaktor (CH), Kernkraftwerk Druckwasserreaktor (F), Steinkohlekraftwerk (D), PV amorph (CH), PV kristallin (CH), Wind onshore (CH), Wind offshore (DK), Wind onshore (D)

auszuwählen, die ihrer Ansicht nach unerlässlich zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Technologieoptionen sind. Hierbei gab es eine Limitierung in der Anzahl: Es durften 10 übergeordnete und 20 untergeordnete Kriterien ausgewählt werden. Nachdem sich alle Teilnehmer auf 20 Indikatoren geeinigt hatten, die als essenziell zur Bewertung von Stromerzeugungstechnologien eingestuft wurden, begannen sie mit der individuellen Gewichtung der gemeinsam ausgewählten Indikatoren im Modell. Den Abschluss eines jeden Workshops bildeten offene Diskussionen über die Erfahrungen und Eindrücke sowie über die Eignung des Modells für weitere Dialog-Projekte.

Vergleichende Ergebnisbetrachtung der Energie Trialog Workshops

Vergleicht man die Ergebnisse aller drei Workshops miteinander, so fällt auf, dass es insgesamt neun Indikatoren gibt, die von allen Teilnehmern als besonders wichtig zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungsoptionen eingestuft wurden. Diese Indikatoren sind: Landnutzung, Todesfälle, Autonomie der Stromproduktion, Bedrohung von Menschenleben, Entwicklung neuer Marktleistungen, Technologietransfer, Radioaktive Kontamination, Wahrgenommene Gesundheitsrisiken, Störfällen und Klimaveränderung. Eine Übereinstimmung von jeweils zwei Workshop-Gruppen kam bei weiteren elf Indikatoren zustande. Somit gestaltete sich die Indikatorenauswahl über alle Workshopgruppen hinweg relativ homogen. Ähnlich homogen verlief die Bewertung der Technologieoptionen. Spitzenreiter sind die erneuerbaren Technologien, im Mittelfeld befinden sich neben den Gaskombi-Lösungen die Kernkraftwerke und Photovoltaikanlagen, Schlusslicht bildet die Kohlenutzung². Betrachtet man die Technologiebewertungen über die zwei Zeitpunkte 2008 und 2030 hinweg, so fällt auf, dass alle Technologien entweder für beide Zeitpunkte nahezu gleiche Bewertungen erhalten oder aber sich in der Beurteilung für das Jahr 2030 verbessern.

Feedback der Workshopteilnehmer

Bei der Modellinterpretation ist zu berücksichtigen, dass das Modell ursprünglich nicht auf die Belange der Energie Trialog-Workshops ausgerichtet war. Die Axpo Holding AG liess dieses Modell primär zur internen Nutzung entwickeln. Obgleich für das Modell eine externe Anwendung niemals angestrebt wurde, äusserten sich die Energie Trialog-Workshop-Teilnehmer dennoch überwiegend positiv über das Bewertungstool. Das Modell wurde als hilfreich und lernunterstützend sowie als Beitrag zur Versachlichung der Diskussion angesehen. Negativ wurde demgegenüber u. a. angemerkt, dass das Modell keine Systemeffekte abbilde. Weiterhin wurde die Grundlegung nur eines einzigen Referenz-Szenarios für die Entwicklung zum Jahr 2030 kritisiert. Ebenfalls skeptisch wurde die Schwerpunktsetzung des Indikatorensystems auf betriebswirtschaftlich motivierte Investitionsentscheidungen beurteilt. Bemängelt wurde auch, dass die man die performance values nicht nach eigenem Wissen ändern konnte, sondern auf die vorgegebenen Expertenschätzungen festgelegt war.

² In der Technologiebewertung für das Jahr 2008 schneidet ebenfalls die Brennstoffzelle schlecht ab. Diese wird jedoch für das Jahr 2030 besser beurteilt und rangiert dann im Mittelfeld.

Modellinterpretation

Unter Berücksichtigung der Workshopergebnisse spricht sich das Autorenteam für eine Weiterentwicklung des Modells aus um, unter Wahrung der Konsistenz, auch Technologiekombinationen abzubilden. Weiterhin wird angeregt, die Indikatorenliste um volkswirtschaftliche Indikatoren zu ergänzen und, wenn möglich, einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Schwerpunkt dieser Aktivitäten wäre die Förderung einer Abwägungs- und Lernkultur, die bahnbrechend für die Behandlung dieser Problematik im öffentlichen Diskurs sein könnte.

2 Zielvorgaben

Das Projekt beruht auf der Anwendung eines computergestützten Modells zur Bewertung der Nachhaltigkeit von 18 Stromerzeugungstechnologien in der Schweiz und im Ausland (NHBM). Der Anwender des Modells kann zunächst unterschiedliche Indikatoren aus den Bereichen Ökologie, Gesellschaft und Wirtschaft auswählen und dann für die verschiedenen Technologien die von wissenschaftlichen Experten ermittelten Konsequenzen (Impacts) auf jedem Indikator einsehen. Diese Konsequenzen wurden so objektiv wie möglich auf der Basis von Literatur- und Datenbankrecherchen, Modellrechnungen, Befragungen von Experten und sog. Experten-Delphis erhoben. Auf der Basis der gesammelten Impacts führten die Experten und Expertinnen eine Einzelbewertung durch, die jeder Technologie einen numerischen Wert auf den einzelnen Indikatoren zuweist. Solche Werte wurden für den Zeitraum 2008 bis 2030 aufbauend auf einem als wahrscheinlich angesehenen Szenario der weiteren wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung in der Schweiz festgelegt. Diese sogenannten *performance values* können durch den Nutzer des Modells nicht verändert werden. Dagegen kann der Nutzer eine persönliche Gewichtung jedes Indikators vornehmen und damit das relative Gewicht eines jeden Indikators für das Gesamturteil zur Bewertung von Stromerzeugungstechnologien frei bestimmen. Die Rangfolge der Technologien ergibt sich dann aus dem Summenwert, der sich aus der Aufsummierung aller gewichteten *performance values* (relatives Gewicht durch die Nutzer multipliziert mit den *performance values* der Experten) für jede Technologie auf jedem Indikator ergibt (die sog. *weighted performance values*).

Das Projekt war von dem Anliegen getragen, dieses von der Firma Axpo in Zusammenarbeit mit schweizerischen und ausländischen Experten entwickelte Modell als einen integralen Teil des Energie Trialog Schweiz einzusetzen. Dabei ging es weniger um die konkrete Bewertung der 18 Technologien als vielmehr um eine Versachlichung der hochemotionalen Debatte um künftige Energieversorgungsoptionen und um ein Ausloten der Konsens- und Dissenspotenziale in dieser Frage. Gleichzeitig sollte das Modell mit dazu beitragen, dass die Nutzer die Zielkonflikte bei der Bewertung von Energieoptionen wahrnehmen und die Notwendigkeiten von Abwägungsprozessen erkennen. Zweck war die Herausarbeitung von robusten Konvergenzen und Divergenzen innerhalb der

Teilnehmergruppen. Das Modell wurde in drei verschiedenen Workshops angewandt und die Ergebnisse protokollarisch festgehalten (Annex 1). Die Ziele der drei Workshops waren:

1. einen Dialog zwischen unterschiedlichen Stakeholdern bezüglich der Zusammensetzung und Gewichtung von Indikatoren anzuregen;
2. ein differenziertes Meinungsbild bezüglich Dissens- und Konsensurteilen zu gewinnen und Argumentationsfelder zu identifizieren, die bei allen oder nur bei Teilen der Stakeholder auf Resonanz stoßen (Konsens- und Dissenspotenziale) sowie
3. die Workshopteilnehmer für die Indikatorvielfalt und die damit auftretenden Zielkonflikte (trade-offs) zu sensibilisieren und zu einer ausgewogenen Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien beizutragen.

Dabei war es nicht das Ziel des Projektes, die Teilnehmer davon zu überzeugen, Stromerzeugungstechnologien in der einen oder anderen Weise zu bewerten, sondern es hatte vielmehr die Funktion, einen Beitrag zur Urteilsfähigkeit der Teilnehmer zu leisten. Urteilsfähigkeit bedeutet, dass Menschen befähigt werden, auf der Basis der Kenntnis der faktisch nachweisbaren Konsequenzen der verfügbaren Handlungsoptionen, der verbleibenden Unsicherheiten und anderen entscheidungsrelevanten Faktoren eine persönliche Beurteilung der Optionen vornehmen zu können, die den eigenen oder für die Gesellschaft als bindend erachteten ethischen Kriterien entspricht (Ad hoc Kommission 2003). Wie die Handlungsfolgen von Experten bewertet werden, ist dafür ebenso bedeutsam wie die eigenen Wertvorstellungen und Leitbilder, die man für sich selbst als verbindlich anerkennt. Das Modell bot dazu die Gelegenheit: zum einen bildete es den Stand des Wissens im Bereich Technikfolgenabschätzung von Stromerzeugungstechnologien an, zum anderen erlaubte es eine subjektive Gewichtung der Bewertungskriterien nach den eigenen Präferenzen und Werten.

3 Das Modell (Tool)

Im Gegensatz zu vielen anderen Technologiebewertungstools erlaubt das in den Workshops eingesetzte Modell eine ganzheitliche Betrachtung der Stromerzeugungstechnologien, da es die Dimensionen der ökonomischen, ökologischen sowie der sozialen Nachhaltigkeit in einem umfassenden Maße abdeckt. Des Weiteren verknüpft das Modell eine „objektive“ Bewertungskomponente mit einer „subjektiven“ Gewichtungsebene. Eine objektive Betrachtung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien beruht zum einen auf ein von Experten entwickeltes Indikatorenset und zum anderen auf der durch diese Experten bewerteten Performanz der Technologien auf jedem Indikator. Die subjektive Dimension erfolgt durch die individuelle Gewichtung der ausgewählten Indikatoren. Die Bewertung der einzelnen Technologien wird somit

anhand von objektiven und nicht zu beeinflussenden Daten sowie einer individuellen Gewichtung vorgenommen.

Insgesamt verfügt das Modell über 70 direkt berechnete Indikatoren auf vier Hierarchiestufen in den drei Bereichen Umwelt, Soziales und Wirtschaft.

Das Modell ermöglicht die Bewertung von 18 Stromerzeugungstechnologien. Es betrachtet die elektrische Energie bis zu dem Punkt, wo der Strom ins Hochspannungsnetz einfließt. Es werden also keine Energiesysteme verglichen, sondern unterschiedliche Technologien zur Erzeugung von Strom, wobei die gesamte Systemkette d.h. Einsatz von Ressourcen, Transport, Bau, Betrieb und Abbau einer Technologie in die Bewertung einer Technologie mit einfließt. Der voraussichtliche technologische Fortschritt bis zum Jahr 2030 und weitere Veränderungen des sozialen, ökonomischen und ökologischen Umfeldes wurden in Form eines ausgewählten Szenarios modelliert. Der Nutzer hat daher die Möglichkeit, den Zeitpunkt der Bewertung einer Technologieoption zwischen heute und 2030 frei zu wählen.

Dabei stützt sich das Modell auf Technologieentwicklungsabschätzungen für diesen Zeitraum. Die Daten zwischen den Jahren 2008 und 2030 wurden durch Interpolation angepasst. Das Modell wurde des Weiteren auf die spezifischen Bedingungen in der Schweiz ausgerichtet und ermöglicht die Beurteilung folgender Technologien:

- BHKW Biogas (CH)
- BHKW Erdgas (CH)
- BHKW Syngas (CH)
- Brennstoffzellen Erdgas (CH)
- Gaskombi Grundlast (CH)
- Gaskombi Grundlast (I)
- Gaskombi Mittellast (CH)
- HFR Geothermie (CH)
- Hydro Laufkraft (CH)
- Hydro Speicherkraft (CH)
- Kernkraftwerk Druckwasserreaktor (CH)
- Kernkraftwerk Druckwasserreaktor (F)
- Steinkohlekraftwerk (D)
- PV amorph (CH)
- PV kristallin (CH)
- Wind onshore (CH)
- Wind offshore (DK)
- Wind onshore (D)

Das Modell errechnet die Nutzwerte für jede Technologie isoliert, d.h. es geht immer um eine marginale Erhöhung des Energieangebots durch die gerade bewertete Technologie oder um einen marginalen Ersatz der gegebenen Techniklandschaft. Die Bewertung eines Technologieparks, Skalen- und Systemeffekte sind deshalb nicht erfasst, ebenso wenig etwaige zusätzliche Restriktionen, wie

z.B. mengenabhängige Nachfrageveränderungen, Redundanzen und Regelungen der Systeme und Netze. Das Modell gibt eine Antwort darauf, welche Technologie zu einem bestimmten Zeitpunkt den höchsten Nutzwert im Sinne der Nachhaltigkeit aufweist.

Das Modell wurde durch die Axpo Holding initiiert und unter Kooperation folgender Institutionen in einem zweijährigen interdisziplinären Projekt entwickelt:

- BAK Basel Economics, Basel
- Paul-Scherrer-Institut, Ganzheitliche Systemanalysen, Villingen
- DIALOGIK, Gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH, Stuttgart
- E2, Management Consulting, Zürich
- CEPE Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zürich
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Seit 2007 wird das Modell in moderierten, Axpo-internen Schulungsanlässen eingesetzt. Seit 2008 kommt es auch in Workshops mit externen Stakeholdergruppen zum Einsatz.

4 Aufgaben der Teilnehmer der drei Dialog-Workshops

Die Teilnehmer der drei Workshops setzten sich aus Vertretern von Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und organisierter Zivilgesellschaft zusammen. Die genaue Zusammensetzung der Teilnehmer ist in den Protokollen vermerkt (siehe Annex 1). Der Ablauf der Workshops war weitgehend identisch. Allerdings wurden einzelnen Phasen des Workshops zeitlich ausgedehnt oder gestrafft, weil die Zeiträume für die Durchführung der Workshops unterschiedlich lang waren (Programme der Workshops siehe Annex 2).

Zu Beginn eines jeden Workshops wurden die Teilnehmer über den Zweck der Workshops und über die Struktur und den Aufbau des Modells unterrichtet. Daran schloss sich eine Frage- und Antwortrunde über Sinn und Interpretationsraum des Modells an. Im Anschluss daran wurden die Indikatoren vorgestellt und gemeinsam diskutiert (Gesamtliste der Indikatoren siehe Annex 3).

Die erste Aufgabe der Teilnehmer war es, aus der Gesamtanzahl von circa 20 Kriterien (oder Oberindikatoren) die ihrer Meinung nach 10 wichtigsten auszuwählen, die unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten unerlässlich zur Bewertung der 18 vorgegebenen Technologieoptionen sind. Dies geschah jeweils in Kleingruppenarbeit nach dem Prinzip des Gruppendelphis (Erläuterung der Gruppendelphimethode siehe Annex 4). Für die Kleingruppenarbeit wurden die Teilnehmer nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Jede Gruppe bestand aus drei bis fünf Teilnehmern. Die erste Aufgabe der Gruppen, die Auswahl der Kriterien vorzunehmen, sollte unter Anstrengung eines Konsenses zwischen den Gruppenteilnehmern erfolgen. Einigte sich jedoch eine Gruppe nicht auf eine gemeinsame Kriterienauswahl, so konnten auch Mehrheits- und Minderheitsvoten abgegeben werden (diese wurden dann auf den ausgeteilten Fragebögen

festgehalten). Die Kleingruppenarbeit nahm je nach verfügbarem Zeitrahmen zwischen 45 und 90 Minuten in Anspruch. Während der Kleingruppenarbeit stand der freie Argumentationsaustausch der Teilnehmer im Vordergrund. Deshalb ist eine Moderation der Kleingruppen im Gruppendelphi nicht vorgesehen und wurde auch nicht angeboten. Allerdings standen die Experten bereit, um bei Nachfragen Rede und Antwort zu stehen.

Nachdem die Kleingruppenarbeit beendet war, wurden die Daten der Kleingruppen von den Moderatoren zusammengetragen und ausgewertet. In diesem Falle genügte eine einfache Häufigkeitsauszählung. Die Resultate der ersten Kleingruppendiskussion wurden auf einem großen Plakat festgehalten und bei Workshops 2 und 3 auch auf den ausgeteilten Tischvorlagen von den Teilnehmern selbst mitprotokolliert.

Ziel dieser Zusammenfügung der Kleingruppenresultate war die Identifizierung von Kriterien, die von allen Gruppen als wichtig bewertet wurden sowie das Aufzeigen der Kriterien, die als „strittig“, d.h. von einer Gruppe als wichtig, von der anderen als nicht wichtig eingestuft wurden. Das besondere Interesse galt dabei den Kriterien, die sich durch Ambivalenzen auszeichneten (bsp. zwei Kleingruppen votieren dafür, zwei dagegen). Insbesondere diesen Indikatoren wurde in der an die Kleingruppenarbeit anschließenden Plenardiskussion eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Kleingruppen bzw. Personen, deren Bewertungen signifikant von den Bewertungen aller anderen Teilnehmer abwichen, wurden in der Plenarsitzung aufgefordert, ihren Standpunkt im Plenum zu begründen und zu erläutern. Der 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 war es herauszufinden, worin der Dissens begründet lag und ob die Diskrepanzen durch zusätzliche Informationen und Argumente der anderen Teilnehmer aufgelöst werden konnten.

Nach einer eingehenden Diskussion der strittigen Kriterien erhielten alle Teilnehmer Klebepunkte, mit denen sie diejenigen Kriterien markieren konnten, die ihnen nun nach dem Argumentationsaustausch im Plenum am wichtigsten erschienen. Die Zahl der Klebepunkte bemaß sich nach der Anzahl der Indikatoren, die nach der Diskussion noch als strittig angesehen wurden. Alle Kriterien, die bei der Gruppenarbeit von allen als wichtig eingestuft wurden sowie solche, die in der Diskussion als konsensfähig von allen akzeptiert wurden, wurden übernommen und somit nur noch so viele Klebepunkte verteilt, wie strittige Kriterien übrig geblieben waren. Diese Klebepunkte wurden dann von den Teilnehmern auf die verbliebenen und weiterhin umstrittenen Indikatoren verteilt. Zum Schluss wurden die Indikatoren ausgewählt, die entweder auf der Basis eines Konsens ausgewählt oder auf der Basis der Klebepunkte die höchste Punktzahl erhalten hatten. Dabei wurde auch eine leicht erhöhte Zahl von Kriterien (einmal auch 12 statt 10) akzeptiert.

In einem zweiten Schritt wurden neue Kleingruppen gebildet. Die Aufgabe der Gruppen war es nun eine Auswahl bezüglich der Indikatoren zu treffen, die den zuvor ausgewählten Kriterien zugeordnet

waren. Hierbei war es die Vorgabe, insgesamt 20 Indikatoren zu bestimmen, nach denen die 18 Technologien bewertet werden sollten. Der Ablauf gestaltete sich analog zum vorangegangenen Schritt der Kriterienbewertung. Jede Kleingruppe wählte 20 Indikatoren aus. In der anschließenden Plenarsitzung wurden die Gemeinsamkeiten und Differenzen zwischen den Gruppen vorgestellt. Ein Argumentationsaustausch erfolgte nun ausschließlich bezüglich der strittigen Indikatoren, um noch eine argumentative Einigung herbeizuführen. Gelang eine solche Einigung nicht, wurden die verbliebenen strittigen Indikatoren mithilfe der Klebepunkte bewertet. In die Endauswertung gelangten die Indikatoren, die entweder von allen Gruppen konsensual ausgewählt worden waren, die sich in der Diskussion unter Zustimmung aller Teilnehmer als wichtig herausgestellt hatten oder die den höchsten Punktwert erhalten hatten.

Nachdem sich alle Teilnehmer auf 20 Indikatoren geeinigt hatten, die als essentiell zur Bewertung von Stromerzeugungstechnologien eingestuft wurden, begannen sie mit der individuellen Gewichtung der gemeinsam ausgewählten Indikatoren im Modell. Die Eingabe der Gewichtung erfolgte direkt an einem Laptop, der jedem Teilnehmer und jeder Teilnehmerin zur Verfügung gestellt wurde. Nachdem jede Person die Einzelgewichtung der Indikatoren vorgenommen hatte, errechnete das Modell die summierten Nutzwerte für jede Technologie. Diese individuellen Ergebnisse lagen den Teilnehmern vor. Sie hatten auch die Möglichkeit Korrekturen bei den Gewichtungen vorzunehmen, falls ihnen das durch die Gewichtung erzeugte Technologie-Ranking nicht plausibel erschien. Beim ersten Workshop wurden die Nutzwerte nur für das Jahr 2008, bei den anderen Workshops für beide Zeiträume (2008 und 2030) erhoben. Die subjektiven Gewichtungen und die Nutzwerte für die Technologien wurden dann gemeinsam in eine Excel-Datei überführt. In der anschließenden Plenardiskussion wurden die aggregierten Ergebnisse (Mittelwerte, Streubreite und Varianzen) der Einzelbewertungen vorgestellt und gemeinsam diskutiert.

Den Abschluss des Workshops bildete eine offene Diskussion über die Erfahrungen und Eindrücke sowie über die Eignung des Modells für weitere Dialog-Projekte. Auch die Stärken und Schwächen des jeweiligen Workshops wurden in dieser Abschlussrunde reflektiert.

5 Ergebnisse der drei Workshops

5.1 Pilotlauf-Stakeholderworkshop am 18.08.2008

5.1.1 Indikatorenliste:

Die Teilnehmer bemängelten, dass gewisse Indikatoren wie z.B. *Risiko für Betriebsunterbrechung* bei den wirtschaftlichen Aspekten fehlen würden. Ebenfalls wurde im Bereich der Ökonomie der Indikator „*Versorgungssicherheit*“ vermisst. Da solch ein Indikator jedoch ein Systemindikator ist und das Modell ausschliesslich Indikatoren zur Bewertung von Technologieoptionen aufführt, kann dieser Indikator in das Modell nicht mit aufgenommen werden. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass einzelne Aspekte der Versorgungssicherheit im Kriterienkatalog abgedeckt sind. Diese Aspekte beziehen sich beispielsweise auf die Brennstoffbeschaffung oder Ressourcenverfügbarkeit. Folgende Kriterien und Indikatoren wurden von den Workshopteilnehmern übereinstimmend als wichtig für die Bewertung von Stromerzeugungstechnologien eingestuft:

5.1.2 Auswahl der Kriterien

Bereich Umwelt:

- Ressourcen
- Klimaveränderung
- Beeinträchtigung des Ökosystems.

Bereich Soziales:

- Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit
- Ausstrahlung auf die Siedlungs- und Landschaftsqualität am Standort
- Sozialverträgliche Entwicklung am Standort

Die Kriterien „Sozialverträgliche Entwicklung“ sowie „Ausstrahlung auf die Siedlungs- und Landschaftsqualität am Standort“ und die hierunter subsumierten Indikatoren wurden von den Teilnehmern nur zur Hälfte angenommen. Dabei wurden der Indikator „sozioökonomische Auswirkungen“ sowie „Anteil der Stromkosten am Ausgabebudget eines Sozialhilfeempfängers“ als wichtig eingestuft. Unterindikatoren, wie etwa „Freiflächenbelegung“ oder „Ästhetische Beeinträchtigung“ durch eine Technologie wurden demgegenüber als vernachlässigbar eingestuft.

Bereich Wirtschaft:

- Leistungen der Branche (inklusive Zulieferer)
- Wirkung auf die Kunden (Strompreise)
- Beitrag zu staatlichen Aufgaben
- Auswirkungen auf den Betreiber

Bei der Auswahl des Kriteriums „Leistung der Branche“ wurde vorgeschlagen, primär die Innovationsfähigkeit zu betrachten sowie beim Kriterium „Auswirkungen auf den Betreiber“ die Indikatoren beizubehalten, die sich mit Flexibilitätsaspekten befassen.

5.1.3 Auswahl der Indikatoren

Bereich Umwelt:

- Kriterium: Ressourcen:
Indikator: Fossile Primärenergie
Indikator: Übrige nicht erneuerbare Ressourcen (Uran)
Indikator: Erze
- Kriterium: Klimaveränderung:
Indikator: Klimaveränderung
- Kriterium: Beeinträchtigung des Ökosystems:
Indikator: Landnutzung
Indikator: Ökotoxizität
Indikator: Versauerung und Überdüngung (Kontamination)

Bereich Soziales:

- Kriterium: Innere Sicherheit
Indikator: Bedrohung von Menschenleben
Indikator: Versorgungsausfall
- Kriterium: Politische Stabilität und Legitimität
Indikator: Nutzungskonflikte Energieträger
- Kriterium: Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit:
Indikator: Todesfälle durch technologische Störfälle
- Kriterium: Soziale Komponenten von Risiken:
Indikator: Wahrgenommene Gesundheitsrisiken im Normalbetrieb
Indikator: Wahrgenommene Gesundheitsrisiken in Störfällen

Bereich Wirtschaft:

- Kriterium: Leistungen der Branche:
Indikator: Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen
Indikator: Technologietransfer und Wissensaustausch
- Kriterium: Wirkung auf den Kunden:
Indikator: Wirkung auf den Strompreis
- Kriterium: Beitrag zu staatlichen Aufgaben:
Indikator: Beitrag einer kWh zur Autonomie bezüglich der Stromproduktion
Indikator: Externe Kosten und Nutzen (monetär, nicht internalisiert)
- Kriterium: Auswirkungen auf den Betreiber:
Indikator: Flexibilität der Produktion
Indikator: Prognostizierbarkeit der Ressourcenverfügbarkeit
Indikator: Technische Verfügbarkeit der Anlage

5.1.4 Ergebnisse der gewichteten Nutzwertanalyse

Die Indikatoren: Klimaänderung, Strompreis und Todesfälle wurden von den Teilnehmern am stärksten gewichtet. Diese Indikatoren weisen auch eine relativ hohe Variabilität auf (Abbildung 1).

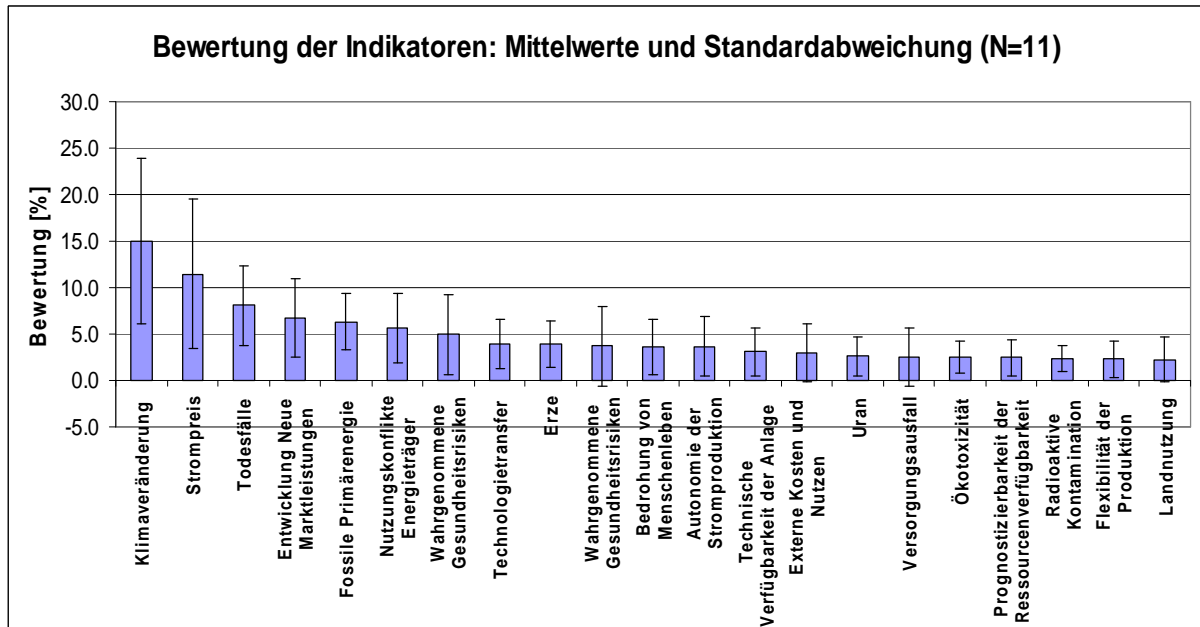


Abbildung 1: Pilotworkshop: Bewertung der Indikatoren: Mittelwerte u. Standardabweichung (N=11)

Vom Plenum wird kritisch angemerkt, dass bei der Formulierung einiger Indikatoren die Bedeutung auf den ersten Blick nicht eindeutig sei. Eine detaillierte Beschreibung der Indikatoren konnte jedoch zu jeder Zeit des Workshops von den Teilnehmern eingesehen werden. Darüber hinaus wird von den Teilnehmern angeregt bei zukünftigen Workshops die Standardabweichung zur Analyse der Resultate mit anzeigen zu lassen (diesem Vorschlag wurde in den folgenden Workshops auch nachgegangen).

Bei den Technologien, (Abbildung 2) zeigen sich anders als bei den Indikatoren, bei den Spitzenreitern nur geringe Bandbreiten. Zudem liegt eine relative flache Verteilung beim Ranking der verschiedenen Technologien vor. Im ersten Workshop wurde nur eine Bewertung der Technologien für das Jahr 2008 vorgenommen. Die Teilnehmer regten an, in den folgenden Workshops die zwei Zeithorizonte 2008 und 2030 im Vergleich zu zeigen. Dieser Vorschlag wurde für die beiden folgenden Workshops auch umgesetzt.

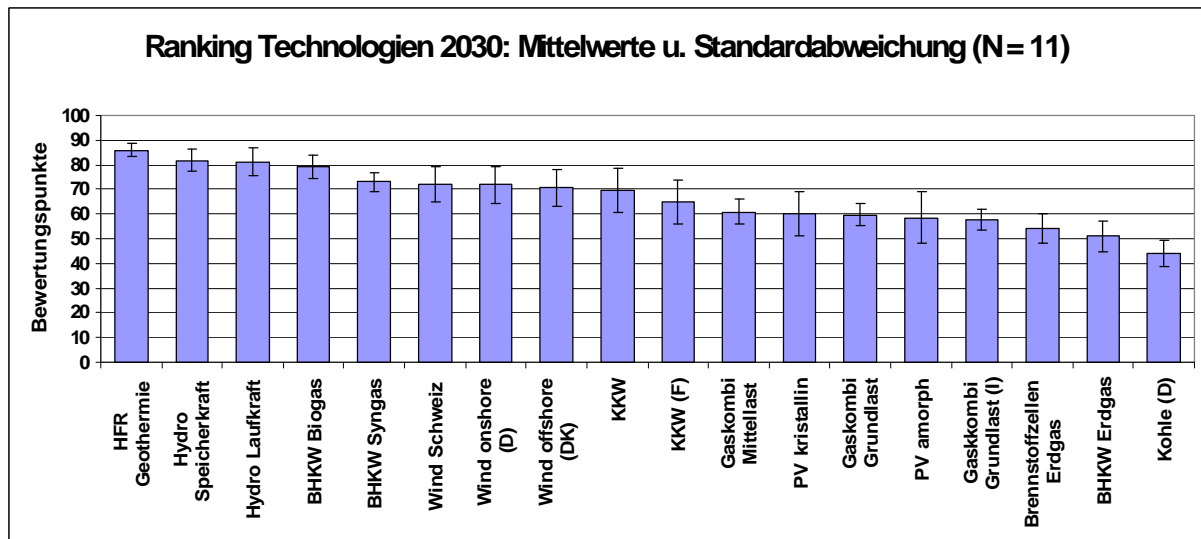


Abbildung 2: Pilotworkshop: Technologien-Ranking im Jahr 2030: Mittelwerte u. Standardabweichung (N=11)

5.1.5 Schlussreflektion

In der Schlussbetrachtung des Workshops wurde darüber diskutiert, ob es sinnvoll wäre, anstatt der bislang geforderten 20 Indikatoren 40 vorzugeben um die hierdurch resultierende Mehrzeit zur Modellarbeit und Diskussion der Resultate zur Verfügung zu haben. Nach Meinung der Organisatoren könnte dieses Vorgehen bei homogenen Gruppen reibungslos ablaufen. Bei heterogenen Gruppen würde es allerdings mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht klappen, da eine Vorauswahl durch die Organisatoren die Wahlfreiheit stark eingeschränkt hätte, was sicher zu Protesten hätte führen können. Ausserdem könnte leicht kritisiert werden, dass man als Teilnehmer nicht mehr die Möglichkeit hat, die Indikatoren selbst auszuwählen, was die Akzeptanz der Methode verschlechtern würde. Weiter ist der positive Effekt nicht zu unterschätzen, wenn sich eine (heterogene) Gruppe gemeinsam auf die für sie wichtigsten Indikatoren einigen kann.

Weiterhin wurde in der Abschlussdiskussion nachgefragt, ob es nicht besser wäre, wenn die Gruppendiskussionen durch einen Moderator geleitet würden. Nach den Erfahrungen mit dem Gruppendelphi ist aber die nicht-moderierte Form der Kleingruppenarbeit vorteilhafter. Dadurch wird der lenkende Einfluss eines Moderators minimiert und die Teilnehmer müssen sich selbst organisieren, was die konstruktive Zusammenarbeit fördert.

5.2 *Stakeholderworkshop am 27.08.2008*

5.2.1 *Indikatorenliste*

Die Auswahl der Kriterien und Indikatoren wurde beim Stakeholderworkshop am 27.08.2008 intensiv diskutiert. So gab es beispielsweise eine kontroverse Diskussion darüber, ob nicht die Reichweiten von fossilen Primärenergieressourcen, die als Indikator im Bereich der Umwelt angesiedelt sind, eher im Bereich Wirtschaft einzuordnen wären. Für die Funktionsfähigkeit des Modells spielt die Zuordnung der Indikatoren zum Umwelt- oder Wirtschaftssektor allerdings keine Rolle. Einige Teilnehmer merken an, dass viele Indikatoren auch zu Nebeneffekten in anderen Bereichen führen. Deshalb sei es wichtig, sich mit der genauen Definition des Indikators vertraut zu machen.

Ähnlich wie beim Pilotworkshop vermisst auch die zweite Gruppe den Aspekt der „Versorgungssicherheit“ als volkswirtschaftlich relevantes Kriterium. Das Modell betrachte – so die Teilnehmer – verstärkt betriebswirtschaftliche und branchenspezifische Belange, die Volkswirtschaft als Ganzes werde jedoch zu wenig berücksichtigt. Diese ökonomischen, branchenspezifischen Indikatoren seien zwar für Investitionsentscheidungen einer Firma bedeutsam, aber weniger für die Bewertung der künftigen Energieversorgung der Schweiz.³ Ebenso vermissten die Teilnehmer einen Indikator, der explizit Bezug auf geopolitische Sachlagen nimmt. Darüber hinaus bemängelten einige Teilnehmer, dass marktspezifische Zusammenhänge durch das Modell nicht abgedeckt seien. Dies, so die Antwort, liege an der Struktur des Modells. Zusammenhänge zwischen Markt und Technologieentscheidung können nur durch eine systematische Betrachtung von Kombinationen von Technologien hin zu Versorgungsszenarien betrachtet werden. Das Modell erlaubt aber nur die Betrachtung der Folgen für die Nachhaltigkeit, wenn einzelnen Technologien zusätzlich oder alternativ eingesetzt würden.

5.2.2 *Auswahl der Kriterien*

Als Ergebnis der Kleingruppenarbeiten wurden folgende Hauptkriterien ausgewählt:

Bereich Umwelt:

- Ressourcen
- Klimaveränderung
- Beeinträchtigung des Ökosystems
- Abfälle

Bereich Soziales:

- Politische Stabilität und Legitimität

³ Als Gegenargument zu dem Kritikpunkt der Versorgungssicherheit, siehe die Ausführungen auf Seite 11 dieses Berichtes

- Innere Sicherheit
- Objektive Gesundheitsrisiken
- Soziale Komponenten von Risiken

Bereich Wirtschaft:

- Wirkung auf die Kunden (Strompreise)
- Leistung der Branche (inklusive Zulieferer)
- Autonomie der Stromproduktion

Somit ist als Ergebnis der Kriterienauswahl festzuhalten, dass sich die Teilnehmer nach der ersten Kleingruppen- und Plenardiskussion auf die Auswahl von 11 Kriterien einigten.

5.2.3 Auswahl der Indikatoren

Bereich Umwelt:

- Kriterium: Ressourcen:
Indikator: Fossile Primärenergie
Indikator: Uran
- Kriterium: Klimaveränderung:
Indikator: Klimaveränderung
- Kriterium: Beeinträchtigung des Ökosystems:
Indikator: Landnutzung
Indikator: Ökotoxizität
Indikator: Radioaktive Kontamination
- Kriterium: Abfälle:
Indikator: Radioaktive Abfälle

Bereich Soziales:

- Kriterium: Innere Sicherheit
Indikator: Bedrohung von Menschenleben (durch Terrorismus)
Indikator: Verfügbarkeit einer vollständigen Entsorgungsinfrastruktur
- Kriterium: Politische Stabilität und Legitimität
Indikator: Proliferation
Indikator: Nutzungskonflikte Energieträger
Indikator: Vertrauen in den Anlagenbetreiber
Indikator: Qualitative Risikomerkmale
- Kriterium: Objektive Gesundheitsrisiken:
Indikator: Tödliche Gesundheitsrisiken (beim Normalbetrieb)
Indikator: Todesfälle (bei schweren Unfällen)
- Kriterium: Soziale Komponenten von Risiken:
Indikator: Wahrgenommene Gesundheitsrisiken Störfällen

Bereich Wirtschaft:

- Kriterium: Leistungen der Branche (inkl. Zulieferer):
Indikator: Beitrag zur inländischen Wertschöpfung

Indikator: Neu geschaffene Arbeitsplätze in der Schweiz

Indikator: Technologietransfer/Wissensaustausch

Indikator: Entwicklung neuer Marktleistungen

- Kriterium: Wirkung auf den Kunden:

Indikator: Wirkung auf den Strompreis

- Kriterium: Beitrag zu staatlichen Aufgaben:

Indikator: Autonomie der Stromproduktion

5.2.4 Ergebnisse der gewichteten Nutzwertanalyse

Den Ergebnissen der Nutzwertanalyse ist zu entnehmen, dass die Indikatoren Klimaveränderung, Strompreis, radioaktive Abfälle, Autonomie der Stromproduktion sowie der Einsatz fossiler Primärenergieressourcen von den Teilnehmern am stärksten gewichtet wurden. Diese Indikatoren weisen eine relativ hohe Variabilität auf (Abbildung 3).

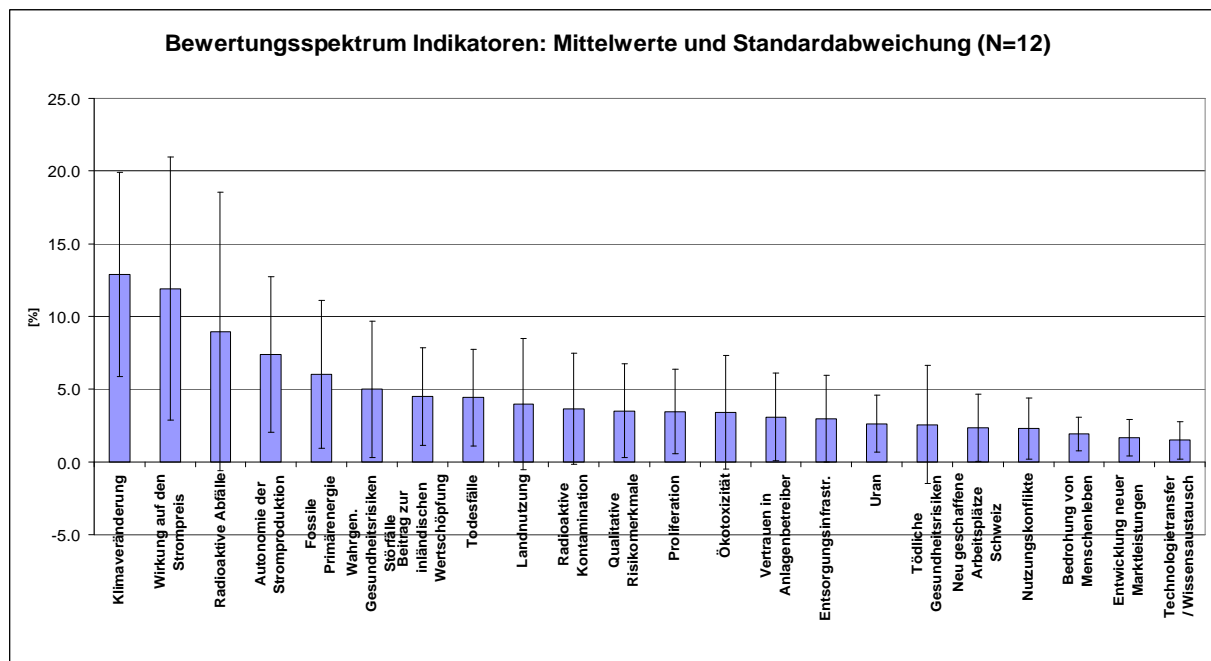


Abbildung 3: Stakeholderworkshop 2: Bewertungsspektrum Indikatoren: Mittelwerte und Standardabweichung (N=12)

Die wesentlichen Dissenspunkte liegen bei den Indikatoren „Strompreis“ und „radioaktive Abfälle“ sowie in der Bewertung von wirtschaftlichen und nicht-wirtschaftlichen Indikatoren vor. Beim Indikator „Klima“ herrscht jedoch Einigkeit darüber, dass dieser Indikator von besonders großer Bedeutung ist.

Bezüglich der Ergebnisse des Technologierankings lässt sich deutlich erkennen (Abb. 4), dass die Technologien, die zur Stromerzeugung auf erneuerbare Energien zurückgreifen, für das Jahr 2030 besser bewertet werden als für das Jahr 2008. Die konventionellen erneuerbaren Energien, die schon heute günstig angeboten werden können, liegen bereits bei der Rangordnung für 2008 relativ weit

vorne und dominieren schließlich die Liste des Jahres 2030. Erneuerbare Energieerzeugungstechnologien, die heute unwirtschaftlich sind und auf den hinteren Rängen liegen, werden auch in Zukunft bestenfalls im Mittelfeld anzutreffen sein, wobei zukünftig eine generelle Angleichung der Attraktivität der Technologien erwartet wird. Die Technologien, die fossile Ressourcen nutzen, platzieren sich in der Nutzwertanalyse für beide Zeitpunkte im hinteren Drittel. Insgesamt betrachtet schneiden diese Technologien in dem hier beschriebenen Workshop immer noch besser ab als in den beiden anderen durchgeführten Dialog-Workshops. Die Punkteverteilung ist für das Jahr 2030 relativ flach, und somit ist die Bewertung der einzelnen Technologien ähnlich. Hervorzuheben ist auch, dass die Unterschiede in der Technologiebewertung im Jahr 2030 kleiner werden. Dies könnte darauf hinweisen, dass man damit rechnet, dass entweder die Konfliktstärke im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Technologien abnimmt oder aber die Fortschritte bei der Technikentwicklung insgesamt auf alle Technologien positiv durchschlagen.

Im Gegensatz zu den Indikatoren sind die Standardabweichungen bei den Technologien geringer. Eine Ausnahme ist hier die Brennstoffzelle, da hier die Teilnehmer von unterschiedlichen Kostenvorstellungen ausgehen. Die Kernenergie liegt für beide Zeitpunkte im Mittelfeld.

Einige Teilnehmer sehen in der relativ ausgeglichenen Bewertung der Technologien ein Indiz dafür, dass in Zukunft ein Energiemix nötig ist. Dadurch könne man unerwarteten Ereignissen am besten begegnen (robuste Energiestrategien). Hintergrund für das gute Abschneiden der erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien im Jahre 2030 ist, dass die Experten, die die Technologiedaten generiert haben, davon ausgegangen sind, dass erneuerbare Energien im Zeitverlauf wirtschaftlicher werden.

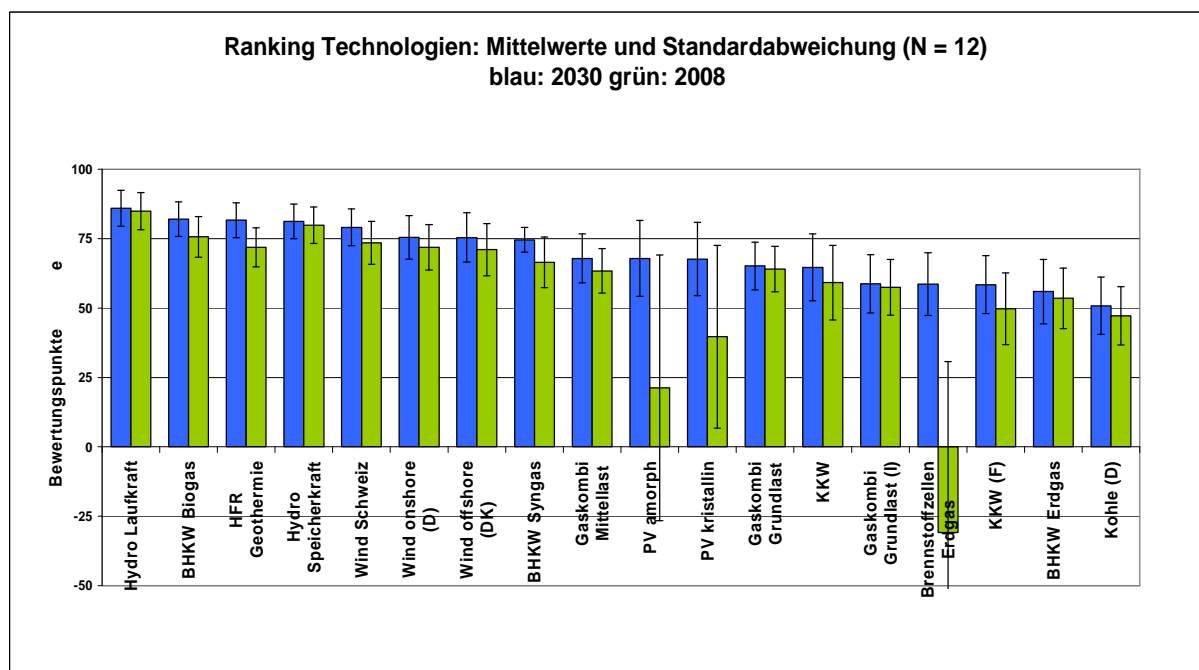


Abbildung 4: Stakeholderworkshop 2: Technologien-Ranking: Mittelwerte und Standardabweichung (N=12)

5.2.5 Schlussreflektion

Von den Workshopteilnehmern wird allgemein die Zeitknappheit bemängelt. Es wird angemerkt, dass mehr Zeit benötigt würde, um die Indikatoren und deren Definitionen kennenzulernen und zu verstehen. Darüber hinaus wird kritisiert, dass die Indikatoren und vor allem die Bewertungen der Experten (performance values) den Teilnehmern vor den Workshops nicht zur Verfügung gestellt wurden. Der Workshop wird zwar als eine wichtige und gute Erfahrung beurteilt, Unsicherheit herrscht bei den Teilnehmern jedoch bezüglich der Verwendung der Workshopkenntnisse für das weitere Vorgehen im Dialog vor.

Hinsichtlich des Nachhaltigkeitsbewertungsmodells stufen die meisten Teilnehmer das Modell als hilfreich ein. Sie sind auch überzeugt davon, dass das Modell den Anspruch auf Abbildung der Realität weitgehend einlöse. Allerdings sei es wegen der fehlenden Systemvernetzung nicht als ein Werkzeug für die nationale Energieplanung nutzbar. Es sei aber ein geeignetes Mittel, um differenziert und ausgewogen die Energieproblematik in der Öffentlichkeit diskutieren zu können.

5.3 Stakeholderworkshop am 15. & 16.09.2008

5.3.1 Indikatorenliste

Der Stakeholderworkshop am 15.9. und am 16.9.2008 fokussiert zu Beginn stark auf das Indikatorenverständnis. Die Diskussion dreht sich vorrangig um die Erklärung der Indikatoren. Es geht dabei um die Präzisierung von Reichweiten, die Frage nach den Inhalten von ökologischen Belastungen, der Messung von Klimaveränderungen und der Frage nach den Unterschieden zwischen betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Betrachtungsweise bei den Indikatoren. Die Moderatoren weisen darauf hin, dass die Teilnehmer im weiteren Fortgang des Workshops die Indikatoren nicht aus der Sicht des Stromkonsumenten sondern aus der Sicht eines Energieplaners bewerten sollen. Hierbei solle man sich von der Frage leiten lassen, welche Indikatoren zur Bewertung von Stromerzeugungstechnologien unter Nachhaltigkeitsaspekten als wichtig für die Schweiz erachtet werden.

Darüber hinaus wird die Datenbasis der Expertenurteile hinterfragt, vor allem bei den Indikatoren, die sich auf etwaige Risiken von Technologien beziehen. Neue Indikatoren werden nicht vorgeschlagen, aber es wird generell bemängelt, dass die volkswirtschaftliche Seite der Energieerzeugung, wie sie in den Aspekten der Wettbewerbsfähigkeit und marktwirtschaftlichen Preisgestaltung zum Ausdruck kommt, nicht in der Indikatorliste abgebildet ist. Abschliessend wird angeregt, den Lenkungseffekt des Strompreises im Modell stärker zu berücksichtigen.

5.3.2 Auswahl der Kriterien

Bereich Umwelt:

- Klimaveränderung
- Beeinträchtigung des Ökosystems
- Abfälle

Im Vergleich mit den vorausgegangenen Workshops ist die Abwahl des Kriteriums „Ressourcen“ ungewöhnlich. Die Teilnehmer begründen diesen Schritt damit, dass die Ressourcenverknappung indirekt über die Indikatoren 3.3 (Versauerung und Überdüngung) und 3.4 (Unfälle: Tankerunglücke, radioaktive Kontamination) abgedeckt sei. Zudem sei nicht die Endlichkeit der Ressourcen ein Problem, sondern der Preis.

Bereich Soziales:

- Innere Sicherheit
- Politische Stabilität und Legitimität
- Ausstrahlung auf Siedlungs- und Landschaftsqualität (exklusive Indikator 2.4.2: Entwicklung zur regionalen Nachhaltigkeit)
- Objektive Gesundheitsrisiken
- Soziale Komponenten von Risiken

Bereich Wirtschaft:

- Leistung der Branche (inklusive Zulieferer)
- Beitrag zu staatlichen Aufgaben (exklusive Indikator 3.3.2: Nettogeldfluss zum Staat)
- Auswirkungen auf Betreiberunternehmen

Im Wirtschaftsbereich erscheint die Abwahl des Indikators „Preiswirkung auf die Kunden“ als äußerst ungewöhnlich. Die Argumentation der Teilnehmer bezüglich der Abwahl des Indikators war wie folgt: Nicht der Preis sei ihrer Auffassung nach das Problem, sondern die Art des Zustandekommens. Wenn der Preis marktwirtschaftlich gebildet würde, sei dies positiv zu bewerten, unabhängig davon, ob er dann hoch oder niedrig für den Verbraucher ausfalle.

Insgesamt betrachtet wurden in diesem Workshop 11 Kriterien ausgewählt und damit als wichtig für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Technologieoptionen eingestuft. Diesen Kriterien wurden folgende 23 Indikatoren zugeordnet:

5.3.3 Auswahl der Indikatoren

Bereich Umwelt:

- Kriterium: Klimaveränderung:
Indikator: Klimaveränderung
- Kriterium: Beeinträchtigung des Ökosystems:
Indikator: Landnutzung
Indikator: Versauerung und Überdüngung
Indikator: Radioaktive Kontamination

- Kriterium: Abfälle:
Indikator: Radioaktive Abfälle

Bereich Soziales:

- Kriterium: Innere Sicherheit
Indikator: Bedrohung von Menschenleben (durch Terrorismus)
- Kriterium: Politische Stabilität und Legitimität
Indikator: Proliferation
Indikator: Qualitative Risikomerkmale
Indikator: Beteiligung der Anwohner bei Entscheidungen
- Kriterium: Ausstrahlung auf Siedlungs- und Landschaftsqualität:
Indikator: Lärmbelästigung der Anwohner
Indikator: Ästhetische Beeinträchtigung
- Kriterium: Objektive Gesundheitsrisiken:
Indikator: Todesfälle (bei schweren Unfällen)
- Kriterium: Soziale Komponenten von Risiken:
Indikator: Wahrgenommene Gesundheitsrisiken Störfällen

Bereich Wirtschaft:

- Kriterium: Leistungen der Branche (inkl. Zulieferer):
Indikator: Beitrag zur inländischen Wertschöpfung
Indikator: Technologietransfer/Wissensaustausch
Indikator: Entwicklung neuer Marktleistungen
- Kriterium: Beitrag zu staatlichen Aufgaben:
Indikator: Autonomie der Stromproduktion
Indikator: Externe Kosten und Nutzen
- Kriterium: Auswirkungen auf Betreiberunternehmen:
Indikator: Finanzielles Anlage-Ergebnis
Indikator: Brennstoffpreisvolatilität
Indikator: Realisierungszeit Anlage
Indikator: Flexibilität der Produktion
Indikator: Prognostizierbarkeit der Ressourcenverfügbarkeit

5.3.4 Ergebnisse der gewichteten Nutzwertanalyse

Abbildung 5 zeigt die Mittelwerte für die Indikatoren. Wichtigster Indikator ist für alle Teilnehmer der Indikator „Klimaveränderung“, hier besteht ein klarer Konsens. Dahinter folgen mit grossem Abstand die Indikatoren „Externe Kosten und Nutzen“ (mit grosser Streuung) und „Radioaktive Landkontamination“ (beide Indikatoren mit ähnlichem Gewicht). Weitere wichtige Indikatoren sind nach Auffassung der Workshopteilnehmer „Bedrohung von Menschenleben“, „Todesfälle“ (schwere Unfälle), „Versauerung und Überdüngung“ sowie „Beteiligung der Anwohner“. Im Schnitt werden die Indikatoren, die sich auf objektive Risikomerkmale beziehen, höher gewichtet als die Indikatoren, die subjektive Risiken erfassen.

Abbildung 6 zeigt die Gewichtungen für die in der ersten Runde von den Teilnehmern ausgewählten Kriterien. Bei dieser Bewertung ergeben sich für die Indikatoren auf der 2. Bewertungsebene keine wesentlichen Unterschiede. Auch nach dieser Auswertung bleibt der Aspekt „Klimaveränderung“ am wichtigsten, gefolgt von den Kriterien „Ökosysteme“ und „Beitrag staatlicher Aufgaben“. Auf der kategorialen Ebene wurde der Bereich „Umwelt“ mit 44.4% als am wichtigsten eingestuft. Es folgen der Bereich „Wirtschaft“ mit 29.3% und schließlich der Bereich „Soziales“ mit 26.3%.

Bei den Nutzwerten für die Technologien ist die Bandbreite der Ergebnisse deutlich geringer als bei der Gewichtung der Indikatoren. Auf der Basis der getroffenen Indikatorenauswahl und bei moderaten Gewichtungen sind allerdings auch keine all zu grossen Schwankungen in der Rangfolge zu erwarten gewesen. Mehr Variabilität hätte nur bei Änderungen in der Indikatorenauswahl auftreten können. Dadurch dass die Teilnehmer die Preise für den Verbraucher nicht in die nähere Betrachtung einbezogen haben, spiegeln die Ergebnisse den Kostenaspekt der Stromerzeugung und –bereitstellung nicht mehr wider. Dadurch werden kostspielige und aufwändige erneuerbare Energien eindeutig bevorzugt.

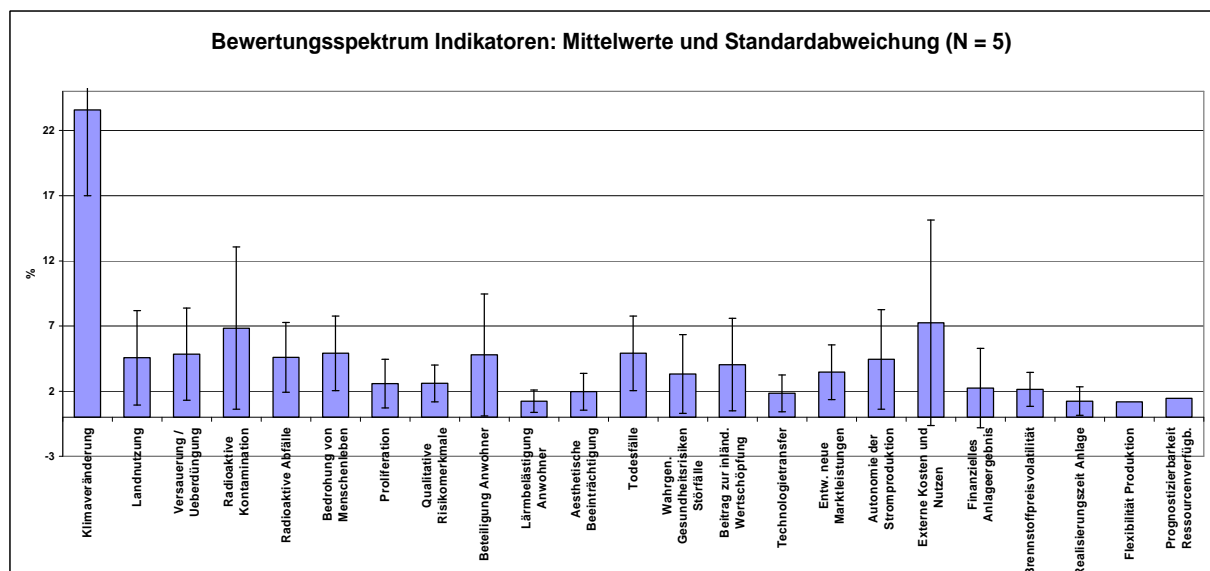


Abbildung 5: Stakeholderworkshop 3: Gewichtung der Indikatoren und Darstellung der Standardabweichung (unterste Ebene) (N=5)

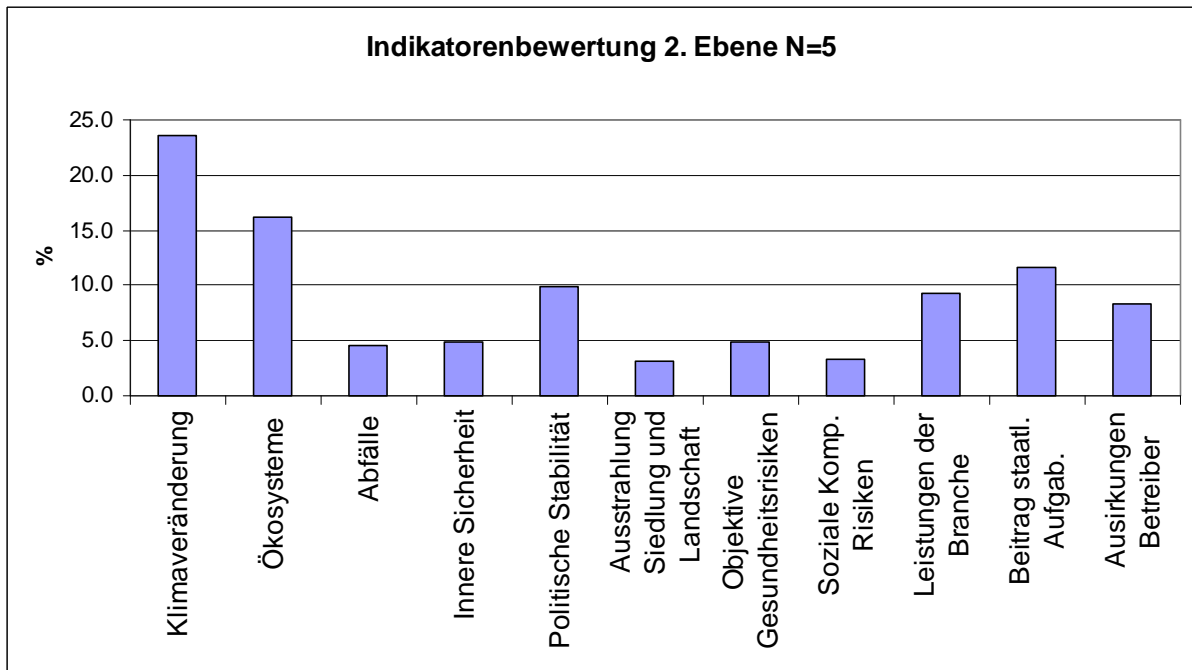


Abbildung 6: Stakeholderworkshop 3: Gewichtung der Indikatoren (2. Ebene),(N=5)

Als robustes Ergebnis der Bewertung kann festgehalten werden: Erneuerbare Energien liegen vorn, Kernenergie liegt im Mittelfeld, Kohle schneidet (v.a. wegen der Negativbewertung auf dem Indikator Klimaveränderung) besonders schlecht ab. Weiter gibt es kaum Unterschiede zwischen den Jahren 2008 und 2030. Teilweise liegen die Punkteverteilungen bei Photovoltaikanlagen und Windkraftwerken 2008 sogar höher als 2030. Dieses wenig plausible Ergebnis rührt daher, dass die Kosten durch den fehlenden Indikator „Strompreis“ nicht berücksichtigt werden (Abbildung 7).

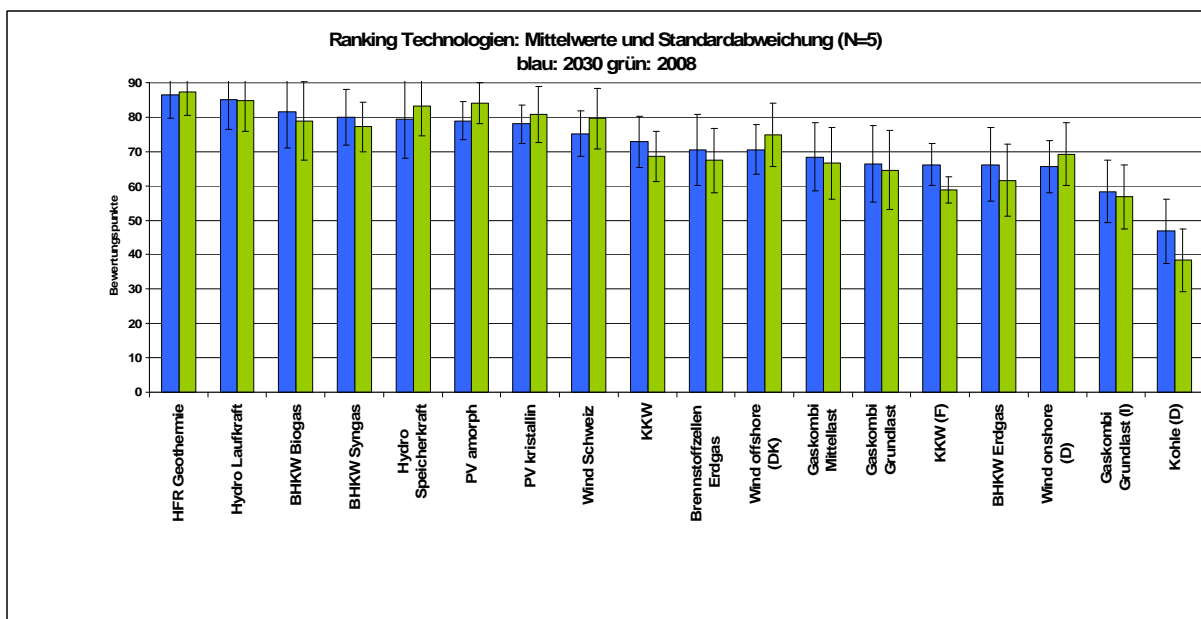


Abbildung 7: Stakeholderworkshop 3: Technologien-Ranking und Standardabweichung (N=5)

5.3.5 Schlussreflektion

Der Großteil der Teilnehmer ermutigt die Organisatoren, das Modell über die Workshops hinaus in breit angelegte Diskurse mit Meinungsführern und der allgemeinen Öffentlichkeit einzusetzen. Vor allem werden das Modell und der Ablauf des Workshops als eine Chance gesehen, den Energiedialog zu versachlichen, die Notwendigkeit von Zielkonflikten zu verdeutlichen und einen Lerneffekt bei den mitwirkenden Personen auszulösen. Gefordert wird eine Internetversion des Modells, das offen sein soll für die ganze Schweizer Bevölkerung mit einer reduzierten Anzahl an Indikatoren und getragen von politischen Kreisen, Vertretern der Wissenschaft und der Umweltschutzverbände.

Andere äußern sich skeptisch darüber, dass die Begrenzungen des Modells eine sinnvolle volkswirtschaftliche Bewertung von nationalen Energiestrategien nicht erlauben würden. Das Modell sei für die Politik wenig relevant, da hier andere Fragestellungen, wie etwa die Versorgungssicherheit und der optimale Energiemix eine tragende Rolle spielen würden. Das Modell sei somit nicht dafür geeignet, bessere Rahmenbedingungen für die Schweizer Energiepolitik zu schaffen. Die Stoßrichtung des Modells, Investitionsentscheidungen über Technologien nach dem Grad ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten, sei für die meisten Menschen in der Schweiz uninteressant. Vor allem wird bemängelt, dass die fehlende Transparenz über die wissenschaftlichen Grundlagen der Daten und der Expertenurteile einer Ausweitung des Projektes auf weitere Anwendungsgruppen entgegenstehe. Es wird der Wunsch geäußert, dass dieses Modell aus dem „corporate environment“ ins „public environment“ überführt werden solle, wenn es denn weiterhin zum Einsatz komme.

Zu diesem Zwecke werden Verbesserungen des Modells vor allem bei den wirtschaftlichen Indikatoren eingefordert. Diese sollten stärker volks-, anstatt betriebswirtschaftlich ausgerichtet sein, damit das Modell auch im politischen Bereich eingesetzt werden könne. Ideal wäre es nach Ansicht der Teilnehmer, eine Bewertung von Technologiekombinationen zuzulassen, dynamische Effekte verstärkt zu berücksichtigen und das Modell um die Bewertung von Effizienz- und Sparmassnahmen zu erweitern. Ein Zusatzmodul „Strommix“, das auch die Nachfrageseite in Form von Sparmassnahmen und Substitution beinhaltet, sei notwendig. Darin sollten auch Potenzialbeschränkungen enthalten sein. Zudem müssten im Strommix Leistungs- und Energiebedarf aufeinander abgestimmt sein. Laut Axpo wird gegenwärtig in einem anderen Projekt eine solche Erweiterung des Modells erprobt.

Unter diesen Voraussetzungen wird das potentielle Einsatzgebiet des Modells als vielversprechend angesehen: vom Einsatz in Schulen bis hin zu regionalen Foren oder auch nationalen Energiekonferenzen. Es wird angeregt, dass CORE und CCEM die Überarbeitung des Modells finanzieren. Resultat soll ein Modell auf Axpo-Basis sein, frei verfügbar für die Öffentlichkeit.

Es schält sich ein Konsens heraus, dass in dem Modell ein grosses Potenzial gesehen wird, das jedoch noch weiter entwickelt werden sollte. Das Modell kann der Politik helfen, Positionen zu entwickeln und neue Einblicke zu gewinnen. Auch zur Versachlichung der Diskussion im Energiebereich sei das Modell nützlich.

6 Vergleichende Ergebnisbetrachtung

6.1 Wahl und Gewichtung der Indikatoren

Versucht man die Ergebnisse der drei Workshops vergleichend zu analysieren und Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszufinden, so empfiehlt sich als erstes ein Blick auf die Auswahl der Indikatoren, die als wichtig für die Bewertung von Stromerzeugungstechnologien angesehen wurden. Haben die drei Gruppen, die unabhängig von einander getagt hatten, ähnliche Aspekte für wichtig gehalten oder gibt es deutliche Unterschiede? Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in den drei Workshops ausgewählten Indikatoren.

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Übereinstimmung zwischen den drei Gruppen überzufällig ist. Hätte man lediglich aus den 70 Indikatoren dreimal eine Zufallsauswahl von 20 Indikatoren gezogen, so wäre eine Übereinstimmung bei knapp fünf Indikatoren zu erwarten gewesen. Diese Zahl ist nahezu verdoppelt. Die drei Gruppen waren sich bei 9 Indikatoren einig, dass diese für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien besonders bedeutsam seien. Eine Übereinstimmung von jeweils zwei Gruppen finden wir bei weiteren 11 Indikatoren. Das bedeutet, dass die überwiegende Zahl der Indikatoren, die eine Gruppe ausgewählt hatte, zumindest von einer der beiden anderen Gruppen auch gewählt wurde. Der Eindruck eines relativ homogenen Bewertungsschlüssels wird weiterhin dadurch unterstützt, dass die Indikatoren, deren relatives Gewicht im Schnitt einer jeden Gruppe besonders hoch eingestuft wurde, eher bei den gemeinsamen Indikatoren zu finden sind als bei den Indikatoren, die jeweils nur von einer Gruppe ausgewählt wurden. Es gibt ein paar wenige Ausnahmen: Vor allem der Indikator „Preis für den Verbraucher“ ist hier zu nennen. Er wurde von einer Gruppe gar nicht ausgewählt, von einer Gruppe eher niedrig bewertet und von der verbleibenden Gruppe als besonders bedeutsam eingestuft.

Tabelle 1: Workshop Indikatorenauswahl

Indikator	Workshop 1	Workshop 2	Workshop 3
Landnutzung	X	X	X
Todesfälle	X	X	X
Autonomie der Stromproduktion	X	X	X
Bedrohung von Menschenleben	X	X	X
Entwicklung neuer Marktleistungen	X	X	X
Technologietransfer	X	X	X
Radioaktive Kontamination	X	X	X
Wahrgenommene Gesundheitsrisiken Störfällen	X	X	X
Klimaveränderung	X	X	X
Fossile Primärenergie	X	X	
Externe Kosten und Nutzen	X		X
Proliferation		X	X
Qualitative Risikomerkmale		X	X
Flexibilität der Produktion	X		X
Uran	X	X	
Ökotoxizität	X	X	
Nutzungskonflikte Energieträger	X	X	
Prognostizierbarkeit der Ressourcenverfügbarkeit	X		X
Strompreis	X	X	
Radioaktive Abfälle		X	X
Wahrgenommene Gesundheitsrisiken Normal	X		
Technische Verfügbarkeit der Anlage	X		
Versorgungsausfall	X		
Erze	X		
Vertrauen in Anlagenbetreiber		X	
Tödliche Gesundheitsrisiken		X	
Neu geschaffene Arbeitsplätze Schweiz		X	
Entsorgungsinfrastruktur		X	
Versauerung / Überdüngung			X
Beteiligung Anwohner			X
Lärmbelästigung Anwohner			X
Ästhetische Beeinträchtigung			X
Realisierungszeit Anlage			X
Finanzielles Anlageergebnis			X
Brennstoffpreisvolatilität			X

In allen drei Workshops genannt: 9 Indikatoren

In zwei Workshops genannt: 11 Indikatoren

In einem Workshop genannt: 15 Indikatoren

Interessant ist auch anzumerken, dass es die meisten Übereinstimmungen bei den ökologischen Indikatoren gab, gefolgt von den sozialen und dann erst von den wirtschaftlichen Indikatoren. Dass die ökologischen (am ehesten objektivierbaren) Indikatoren eher Konsens in Bezug auf Wichtigkeit auslösen, hätte man erwarten können. Dagegen ist die Reihenfolge „Soziale Auswirkungen“ vor „Wirtschaftlichen Folgen“ erklärungsbedürftig. Gerade bei den weicheren sozialen Folgen hätte man eine große Variabilität erwarten können (Goldblatt 2005). Es zeigt sich aber, dass die drei Gruppen bei den sozialen Folgen nicht nur in der Auswahl, sondern auch in der Abwahl der nicht bedeutsamen Indikatoren weitgehend übereinstimmten, während sich bei den wirtschaftlichen Auswirkungen die Spannung zwischen betriebswirtschaftlichen und eher volkswirtschaftlichen Betrachtungsweisen als Grundkonflikt durchzieht. Hätte man eher volkswirtschaftliche Indikatoren, wie Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit mit aufgenommen, wäre dieser Effekt wahrscheinlich weniger deutlich zu Tage getreten. Dennoch ist es als bemerkenswert einzustufen, dass die Teilnehmer auch bei den weicheren Indikatoren eine relativ große Einigkeit in der Auswahl und der Einschätzung ihrer Wichtigkeit aufwiesen. Allerdings darf man nicht vergessen, dass diese Auswahl auf einem Gruppenprozess beruht. Wie die Individuen diese Auswahl alleine getroffen hätten, ist nicht bekannt.

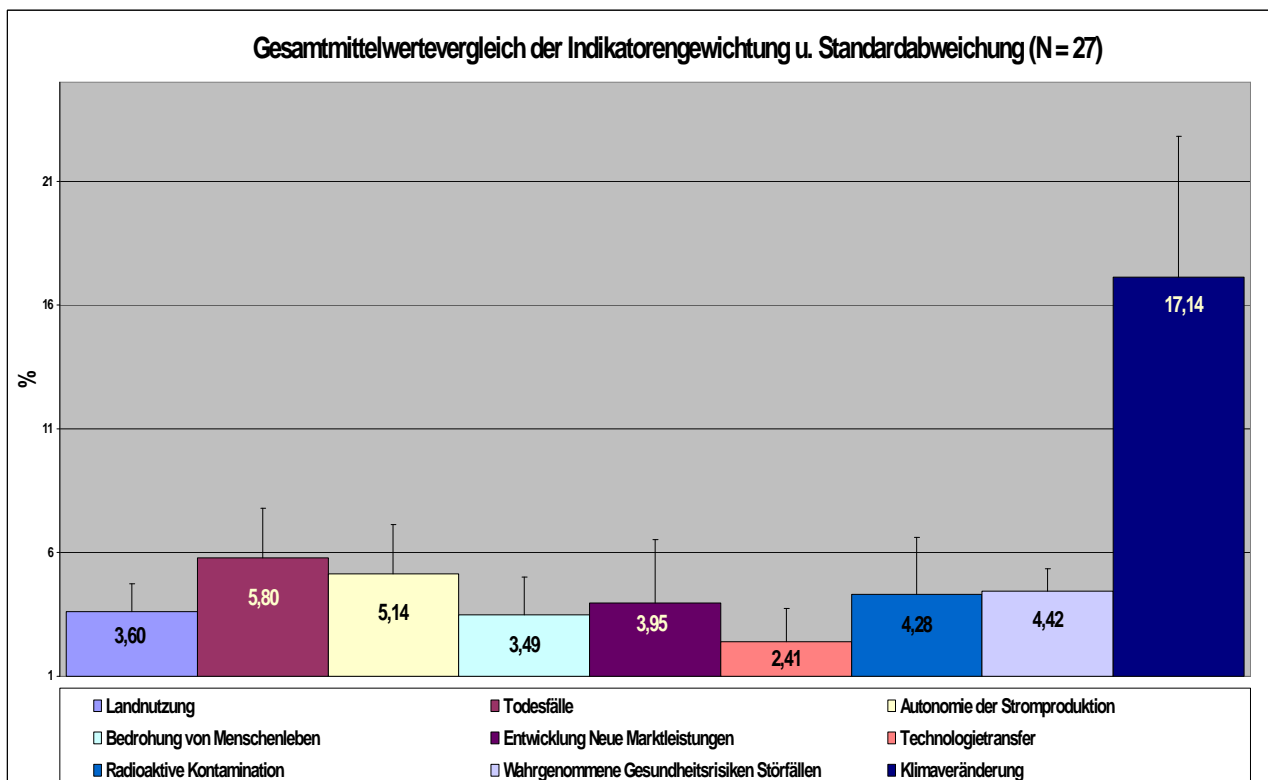


Abbildung 8: Indikatoren: Gesamtmittelwerte und Standardabweichung (N=27)

Abbildung 8 zeigt die durchschnittliche subjektive Gewichtung der 11 Indikatoren, die von allen drei Gruppen als wichtig eingestuft wurden. Dabei zeigt sich deutlich ein Spitzenreiter: die Klimaveränderungen. Die hohe Gewichtung ist natürlich auch darauf zurückzuführen, dass für Klimawandel nur ein einziger Indikator zur Verfügung stand. Aber selbst wenn man diesen Effekt miteinbezieht und die anderen Indikatoren entsprechend integriert, bleibt der Klimawandel die beherrschende Größe bei der Bewertung der Stromerzeugungstechnologien. Dieser Zusammenhang bleibt auch bestehen, wenn man ihn, wie Tabelle 2 zeigt, auch für jede Gruppe getrennt analysiert. Die hohe Bedeutung des Klimaschutzes ist also bei allen Gruppen Konsens. Allerdings muss man auch hier bedenken, dass die individuelle Variabilität bei der subjektiven Gewichtung dieses Indikators breit streut. Nimmt man als Maß zwei Standardabweichungen vom Mittelwert, dann liegt der untere Wert bei knapp 5% Gewichtung, was immer noch bedeutet, dass selbst diejenigen, die den Klimaschutz als weniger wichtiger angesehen haben als der Durchschnitt (95% Perzentil), ihn immer noch höher einstufen, als es dem Gewichtungsdurchschnitt der anderen Indikatoren entspricht.

Hinter dem Spitzenreiter „Klimaschutz“ wird das Feld wesentlich diffuser. Tabelle 2 zeigt die durchschnittlichen Gewichtungen für jede Gruppe und den Gesamtdurchschnitt, der auch die Grundlage für Abbildung 8 darstellt.

Tabelle 2: Durchschnittsgewichtungen der neun gemeinsamen Indikatoren

	Workshop 1	Workshop 2	Workshop 3	Mittelwerte (über alle Workshops)
Landnutzung	2,26	3,98	4,56	3,60
Todesfälle	8,07	4,42	4,90	5,80
Autonomie der Stromproduktion	3,62	7,38	4,44	5,14
Bedrohung von Menschenleben	3,65	1,93	4,90	3,49
Entwicklung Neue Marktleistungen	6,73	1,66	3,46	3,95
Technologietransfer	3,91	1,48	1,84	2,41
Radioaktive Kontamination	2,34	3,68	6,84	4,28
Wahrgenommene Gesundheitsrisiken Störfällen	4,93	5,00	3,32	4,42
Klimaveränderung	14,96	12,88	23,58	17,14

Der Abstand zwischen dem Indikator Klimaschutz und dem als am zweithöchsten bewerteten Indikator (Todesfälle bei Störfällen) ist erheblich. Zwischen 17,14 und 5,8 Prozentpunkte liegt eine deutliche Differenz von 11,34 Prozentpunkten. Zudem sind die Abstände zwischen den nach Klimaschutz folgenden Indikatoren relativ gering. Für die weiteren 8 gemeinsamen Indikatoren schwankt die durchschnittliche subjektive Gewichtung zwischen 3,6 und 5,8 Prozentwerte. Sieht man sich die Gruppen im Einzelnen an, ist zwar die Streuung etwas breiter, aber sie ist bei weitem nicht so hoch wie diejenige zwischen dem Spitzenreiter und dem jeweiligen zweiten Platz.

Untergliedert man die von allen drei Gruppen ausgewählten Indikatoren nach ihrer Herkunft, dann wird deutlich, dass bei den ökologischen Kriterien neben dem Klimaschutz die Landnutzung und die nukleare Abfallentsorgung eine wichtige Rolle spielen. Andere ökologische Belastungen wurden zwar jeweils von jeder Gruppe mit ausgewählt. Welche diese sind, darüber besteht aber zwischen den drei Gruppen kein Konsens. Bei den sozialen Aspekten liegt der Schwerpunkt auf den Todesfällen bei Störfällen und überraschenderweise bei den wahrgenommenen Risiken. Dass auch die intuitive Risikowahrnehmung durch die Bevölkerung eine so eindeutige und relativ hohe Gewichtung erhält, ist sicher nicht zu erwarten gewesen, da vor allem in Expertenkreisen der Wahrnehmungsaspekt als irrelevant für die Technologiebewertung angesehen wird. Differenzen zwischen Expertenschätzung und Wahrnehmung werden in der Regel eher als eine Aufforderung zur besseren Risikokommunikation gesehen als ein Anreiz, die eigene politische Bewertung zu überdenken (Leiss 2004, Renn et al. 2007). Bei den wirtschaftlichen Aspekten stehen volkswirtschaftliche Aspekte wie Autonomie der Stromproduktion, Entwicklung neuer Marktleistungen und Technologietransfer stärker im Vordergrund. Nimmt man bei der Interpretation dieser Ergebnisse die Auswertung der freien Diskussion in den drei Gruppen hinzu, wird deutlich, dass die Teilnehmer hier wichtige volkswirtschaftliche Aspekte vermisst und deren Inhalte jeweils unter die vorgegebenen Indikatoren gedanklich subsumiert haben. Dadurch ist die Streubreite bei diesen Indikatoren auch höher als bei Indikatoren der sozialen oder ökologischen Komponente. Insgesamt gesehen sind aber unter den Spitzenreitern der Indikatorbewertung die drei Komponenten der Nachhaltigkeit relativ gleichmäßig vertreten, was sich auch in den weitgehend ähnlichen Obergewichten für die drei Komponenten niederschlägt.

6.2 Die Nutzwerte Verteilung bei den Technologien

Das Bild bei den Nutzwerten für die Technologien sieht gegenüber den Gewichtungen der einzelnen Indikatoren wesentlich stabiler und einheitlicher aus. Dies ist auch in etwa zu erwarten gewesen, weil sich ja die Werte auf den Indikatoren zum Teil ausgleichen oder sich viele Technologien auf einem als wichtig angesehenen Indikator kaum unterscheiden. Dennoch ist die Gleichförmigkeit der Bewertungen über die drei Gruppen hinweg und selbst bei Einbezug der individuellen Streubreiten erstaunlich konstant. Dies wird in Tabelle 3 für die Gruppenmittelwerte eindrücklich belegt.

Tabelle 3: Die durchschnittlichen Nutzwerte für die 18 Technologien (2008 und 2030)

Technologien	WS1		WS2		WS3		Gesamt	
	2030	2008	2030	2008	2030	2008	2030	
HFR Geothermie	86,00	86,00	71,90	81,70	87,20	79,55	84,77	
Hydro Speicherkraft	81,73	81,73	79,80	81,30	83,20	81,50	82,74	
Hydro Laufkraft	81,00	81,00	84,90	86,00	84,80	84,85	84,07	
BHKW Biogas	79,09	79,09	75,70	82,00	78,80	77,25	80,90	
BHKW Syngas	73,09	73,09	66,40	74,60	77,20	71,80	75,90	
Wind Schweiz	71,82	71,82	73,50	79,10	79,60	76,55	75,37	
Wind onshore (D)	71,82	71,82	71,90	75,50	69,20	70,55	70,97	
Wind offshore (DK)	70,55	70,55	71,00	75,40	74,80	72,90	72,18	
KKW	69,45	69,45	59,20	64,70	68,60	63,90	68,98	
KKW (F)	64,82	64,82	49,70	58,40	58,80	54,25	63,14	
Gaskombi Mittellast	60,91	60,91	63,40	67,90	66,60	65,00	65,74	
PV kristallin	60,00	60,00	39,70	67,70	80,80	60,25	65,37	
Gaskombi Grundlast	59,82	59,82	64,00	65,20	56,80	60,40	64,47	
PV amorph	58,36	58,36	21,30	67,90	84,00	52,65	64,15	
Gaskombi Grundlast (I)	57,82	57,82	57,40	58,80	61,60	59,50	58,34	
Brennstoffzellen Erdgas	54,45	54,45	-30,80	58,60	67,40	18,30	61,22	
BHKW Erdgas	51,09	51,09	53,51	55,90	61,60	57,55	57,73	
Kohle (D)	44,18	44,18	47,26	50,83	38,40	42,83	47,27	

Über alle Gruppen hinweg ergibt sich eine klare Aufteilung: Spitzenreiter sind die erneuerbaren Technologien, wie etwa Wasserkraftwerke oder HFR Geothermie, die bereits heute oder in absehbarer Zeit volkswirtschaftlich rentabel (unter Einbeziehung der externen Kosten) eingesetzt werden können. Als Schlusslicht steht die Kohlenutzung (einmal zweitschlechteste Bewertung und einmal schlechteste Bewertung). Dies verwundert wenig, wenn man die besonders hohe Gewichtung des Klimawandels bedenkt. In den Sog der negativen Bewertungen aufgrund des Kohlendioxidausstoßes kommen auch die in der Grundlast erdgasbetriebenen Technologien, selbst wenn sie im Rahmen von fortschrittlichen Erzeugungssystemen, wie etwa Brennstoffzellen oder Blockheizkraftwerk zum Einsatz kommen. Die Brennstoffzelle stellt im Jahr 2008 sogar die Technologie dar, die mit großem Abstand am schlechtesten beurteilt wurde. Neben der Nutzung der fossilen Ressource Erdgas in der Grundlast sowie dem damit verbundenen negativen Klimaeffekt kommen hierbei sicherlich auch die hohen Kosten der Stromerzeugung zum Tragen. Besser schneiden die Gaskombi-Lösungen ab, die den Brennstoff Erdgas nur in der Mittellast nutzen. Überdurchschnittlich gut werden die Blockheizkraftwerke bewertet, die zur Befeuerung auf Bio- oder Syngas zurückgreifen. Offenkundig können sie durch ihre hohe Energieeffizienz einen Teil der möglichen Klimabelastungen wettmachen. Ebenfalls im Mittelfeld befinden sich Kernkraftwerke und Photovoltaiklösungen. Bezüglich der Photovoltaikanlagen sind keine großen Unterschiede in der Bewertung amorpher und kristalliner Anlagen zu verzeichnen. Bei der Kernenergie wird aber deutlich zwischen einheimischen und

ausländischen Kraftwerken differenziert. Das französische Kernkraftwerk wird im Durchschnitt um 5 Punkte schlechter eingestuft als das Schweizer Kernkraftwerk. Betrachtet man die Technologiebewertungen über die zwei Zeitpunkte 2008 und 2030 hinweg, so fällt auf, dass alle Technologien entweder für beide Zeitpunkte nahezu gleiche Bewertungen erhalten oder sich in der Beurteilung verbessern. Am deutlichsten ist dieser Sprung in der Punktevergabe bei der Brennstoffzelle ersichtlich. Ist diese mit knapp 18 Punkten im Jahr 2008 noch mit Abstand die schlechteste Technologie, so rangiert sie mit mehr als 60 Punkten im Jahr 2030 im unteren Mittelfeld. Die Punktwerte sind nochmals graphisch in Abbildung 9 (2008) und Abbildung 10 (2030) dargestellt.

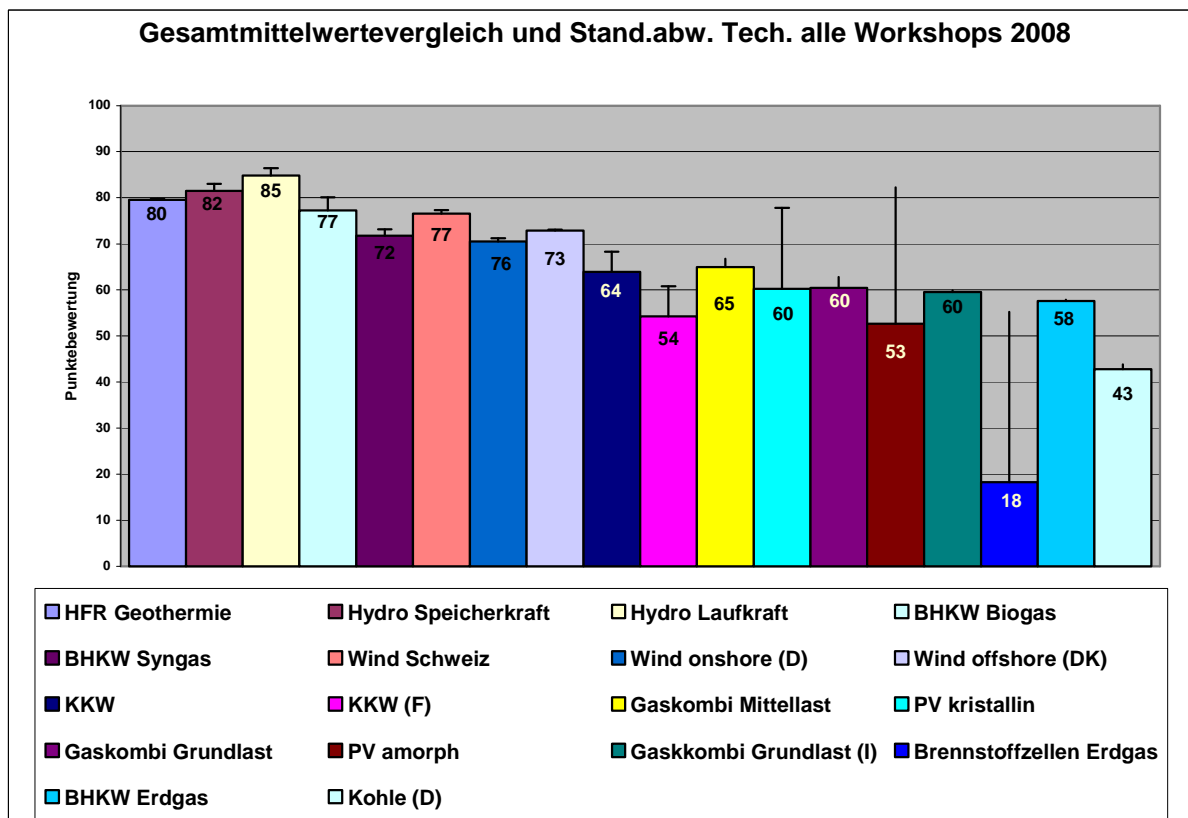


Abbildung 9: Gesamtmittelwertevergleich und Standardabweichungen über alle Technologien 2008 (N=27)

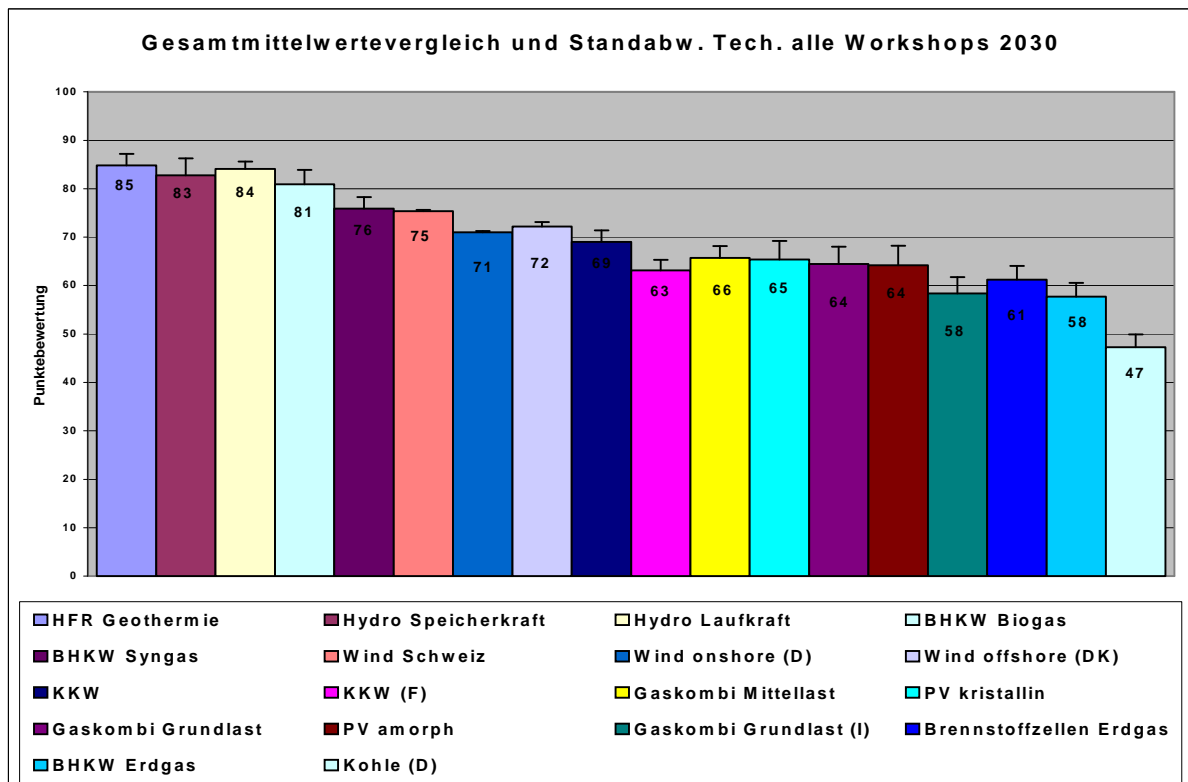


Abbildung 10: Gesamtmittelwertevergleich und Standardabweichungen über alle Technologien 2030 (N=27)

Für das Jahr 2030 ist die Reihenfolge deutlich absehbar. Die ersten acht Plätze belegen erneuerbare Energien, die vor allem auf Geothermie, Wasser, Bio- bzw. Synthesegas und Wind beruhen. Im Mittelfeld folgen Kernkraftwerke, Gaskombianlagen und Photovoltaikanlagen. Am Ende findet man die Technologien, die zur Stromerzeugung auf fossile Energieträger zurückgreifen. Eines Schlusslicht ist die Kohle.

Die Punktwerte für das Jahr 2008 sind etwas unübersichtlicher, bestätigen aber im Wesentlichen das Bild aus dem Jahre 2030.

Insgesamt spiegelt diese Verteilung der Punktwerte eine Haltung wider, die sich nur wenig mit der hohen Polarisierung und Emotionalisierung der Energiedebatte in Einklang bringen lässt. Zum einen ist dabei sicherlich die Vorgabe der *performance values* durch die Experten mit verantwortlich. Zum anderen reflektiert dieses Ergebnis auch den Vorzug eines Multi-Kriterien-Modells: bei differenzierter Sichtweise und gegenseitiger Verrechenbarkeit von Vor- und Nachteilen wird bei komplexen Sachverhalten selten eine hohe Variabilität und erst recht nicht eine Tendenz zu Extremwerten erreicht (Keeney und Raiffa 1976). Insofern hat sich das Modell als Instrument der Versachlichung durchaus bewährt. Darüber hinaus ist interessant anzumerken, dass erneuerbare Energien von allen Gruppen (das gilt im Übrigen auch für 95% der Teilnehmer) vor allen anderen Energiequellen positiv bewertet werden. Die Punktzahlen von 70 bis über 80 weisen zudem darauf hin, dass diese Stromerzeugungstechnologien auch in die Nähe der idealen Messlatte von 100 Punkten gelangen.

Die fossilen Stromerzeugungstechnologien sind dagegen weit abgeschlagen und können bestenfalls dort noch punkten, wo sie besondere Energieeffizienz versprechen. Die Kernenergie, die wohl umstrittenste Energiequelle überhaupt, kann sich im Schnitt auf einem guten Mittelplatz behaupten. Auch bei der individuellen Auswertung ist die Streubreite geringer, als man auf den ersten Blick vermutet hätte. Zumindest unter den Teilnehmer des Workshops gibt es nur wenige, bei denen die Kernenergie ausschließlich niedrige oder hohe Werte erhalten hätte. Sowohl die enthusiastischen Befürworter wie die radikalen Gegner der Kernenergie in der Schweiz haben mit dieser Bewertung einen deutlichen Dämpfer erhalten. Auch wenn dieses Ergebnis keinerlei repräsentative Schlüsse zulässt, so könnte es aber doch als ein Hinweis gedeutet werden, dass die Kernenergie Akzeptanz finden könnte, wenn alle Anstrengungen zur Einführung und Intensivierung der regenerativen Energiebasis sowie zur Steigerung der Energieeffizienz nicht den gewünschten Erfolg zeigen würden. Eine Rückbesinnung auf konventionell fossile Energieressourcen stößt dagegen bei nahezu allen Teilnehmer auf Widerspruch.

7 Interpretation

7.1 Das Modell

Das Indikatorentool zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Stromerzeugungstechnologien wurde im Jahr 2006 von einem interdisziplinären Wissenschaftlerteam im Auftrag der Axpo Holding AG erarbeitet. Das Tool hatte zu diesem Zeitpunkt Pioniercharakter: Gegenwärtig gibt es kein anderes Stromtechnologie-Bewertungstool, das spezifisch auf die Rahmenbedingungen der Schweiz ausgerichtet ist.⁴ Das Modell basiert auf der Idee der Punktbewertungsverfahren (Nutzwertanalyse), die als Hilfsmittel zur Schaffung von Transparenz in vielen komplexen Entscheidungssituationen eingesetzt werden. Unterschiedliche Indikatoren werden hierarchisch in eine Ordnung gebracht, um verschiedene Stromerzeugungstechnologien systematisch miteinander vergleichen zu können. Im Unterschied zu bekannten ökologischen Bewertungsmodellen wie dem Eco-Indicator oder den Umweltbelastungspunkten berücksichtigt das hier eingesetzte Modell alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit, d.h. Umwelt, soziale Aspekte und die Wirtschaft. Diese drei Dimensionen sind untergliedert in 70 Indikatoren und 32 aggregierte Indikatoren, wie beispielsweise Ressourcenverbrauch, Klimaerwärmung, subjektive Wahrnehmung von Risiken und Schaffung von Arbeitsplätzen. Daraus wählt der Anwender die seiner Ansicht nach besonders relevanten Indikatoren aus und gewichtet die Indikatoren gemäss seinen persönlichen Wertvorstellungen und Präferenzen. Das Ergebnis spiegelt dann eine Kombination aus persönlicher Wertung (Gewichtungen) und

⁴ Auf der europäischen Ebene kann an dieser Stelle auf das Tool verwiesen werden, das im Rahmen des New Energy Externalities Development for Sustainability Projekt entwickelt wurde und seit 2008 als Prototyp zur Verfügung steht.

Expertenabschätzungen über das Abschneiden der einzelnen Technologieoptionen auf jedem der gewichteten Indikatoren (performance values) wider.

Will man nun die Anwendung des Modells im Rahmen der Energie Trialog-Workshops bewerten, so ist zu berücksichtigen, dass das Modell ursprünglich nicht auf die Belange der Workshops ausgerichtet war. Die Axpo Holding AG liess dieses Modell primär zur internen Nutzung als Hilfe zur Bewertung der Nachhaltigkeit von technischen Investitionen im Strombereich entwickeln. Obgleich für das Modell also nie eine externe Anwendung angestrebt wurde, äusserten sich die Teilnehmer der Workshops des Energie Trialog dennoch überwiegend positiv über das Bewertungstool. Das Modell wurde von ihnen überwiegend als hilfreich und lernunterstützend angesehen. Besonders positiv wurde hervorgehoben, dass die Notwendigkeit der Abwägung eine Versachlichung der Diskussion bewirke, das Diskussionsklima positiv beeinflusse und zu einem positiven Lernerlebnis beitrage. Auch die Ergebnisse der Modellrechnungen wurden als wichtige Beiträge zur Befruchtung der Energiediskussion in der Schweiz gewertet. Diesen positiven Eindrücken standen aber auch einige Schwächen und Probleme des Modells gegenüber: Vor allem wurde bemängelt, dass das Modell nur marginale Anpassungen an ein gegebenes Energieangebot abbilden könne. Kombinations- oder Skaleneffekte seien damit nicht abzubilden. Auch dynamische Effekte könnten nicht adäquat erfasst werden. Dass die ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung bis zum Jahr 2030 mit nur einem Szenario hinterlegt wurde, stieß ebenfalls auf Kritik. Ander Kritikpunkte bezogen sich auf den Mangel an Kriterien zur Bewertung der volkswirtschaftlichen Aspekte wie etwa Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit. Weitere wirtschaftliche Kritikpunkte bezogen sich auf die Schwerpunktsetzung der betriebswirtschaftlich motivierten Investitionsentscheidungen und auf die fehlende Möglichkeit, die performance values nach eigenem Wissen verändern zu können.

Durchgängig kam die Kritik der mangelnden Transparenz. Wenn man schon nicht die performance values verändern könne, so müsse man zumindest die Logik und die Validität der von den Experten vorgenommenen Bewertungen nachlesen, einsehen und gegebenenfalls relativieren können. Auch dass die Informationen zu den Indikatoren im Vorfeld der Workshops nicht zugänglich waren, erschien den meisten Teilnehmer als wenig sachdienlich für den Verlauf des jeweiligen Workshops erwiesen hat.

Wie sollte man angesichts dieser ambivalenten Einschätzung weiter mit dem Modell umgehen? Aus unserer Sicht ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- a. Das Modell bleibt unverändert und wird auch nicht in seiner jetzigen Struktur Außenstehenden zugänglich gemacht. In diesem Falle könnte man noch einige weitere Workshops mit Vertretern von Gruppen durchführen, die bislang in den Workshops noch zu wenig repräsentiert waren. Die Ergebnisse sind dann sicher so wertvoll wie diejenigen, die bislang mit den drei Workshops erzielt werden konnten. Ein weitergehender Einsatz würde sich aber unter diesen Randbedingungen nicht anbieten.

- b. Das Modell wird nochmals überarbeitet und erlaubt den Einbezug von Kombinationen. Zusätzlich werden einige volkswirtschaftliche Indikatoren hinzugefügt, andere betriebswirtschaftliche können dagegen entfernt werden. Zudem wird das Modell von einer öffentlichen und mit keiner Interessengruppe assoziierten Organisation von der Axpo (gegen Entgelt oder andere Leistungen) übernommen, alle vertraulichen Daten werden aus dem Modell entfernt. In diesem Falle könnte das Modell einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Darunter fallen Schulen, Betriebe, Volkshochschulen, Vereine, etc. Man könnte auch im Rahmen des Energie Dialog Schweiz Bürgerforen (oder Publi-Foren) organisieren, wo zufällig ausgewählte Bürgerinnen und Bürger die Bewertung der Indikatoren und Technologien vornehmen. Von daher könnte man für die Schweiz so etwas wie einen informierten Konsens bzw. Dissens über Stromerzeugungstechnologien bestimmen. Auch ein Internet-Forum zu diesem Thema, in dem das Modell eingebaut wäre, könnte man sich gut vorstellen. Schwerpunkt dieser Aktivitäten wäre die Förderung einer Abwägungs- und Lernkultur, die bahnbrechend für die Behandlung dieser Problematik im öffentlichen Diskurs sein könnte. Allerdings würde diese Variante noch erheblichen zusätzlichen Aufwand bedeuten, um das Tool entsprechend anzupassen.
- c. Das Modell dient als Ausgangspunkt eines neuen Modellvorhabens, bei dem auch die Ergebnisse des verwandten EU-Projektes NEEDS eingebunden werden. Dieses neue Modell sollte dann die Bewertung von Energieoptionen (Elektrizität, Wärme und möglicherweise auch Mobilität) und Energieszenarien erlauben. Zudem sollten mehrere Entwicklungsszenarien (und nicht nur eines) in das Modell eingebunden werden. Parallel dazu sollten die *performance values* nochmals von einer Gruppe unabhängiger Experten validiert und gegebenenfalls korrigiert werden. Bei sehr unsicheren Bewertungen sollten auch mehrere Optionen bei den *performance values* frei wählbar sein. Die Entwicklung eines solchen umfassenden Modells würde sicher mehrere Jahre in Anspruch nehmen und zeichnet sich durch hohe Komplexität in der Umsetzung aus. Dennoch erscheint diese Variante erstrebenswert, denn hätte man dieses Modell, so könnte man es als Entscheidungshilfe in den politischen Diskurs zur Energiedebatte in der Schweiz konstruktiv einsetzen. Workshops mit Parteien oder sogar dem Parlament wären dann ebenso sinnvoll wie ein flächendeckender Einsatz des Modells in Bürgerforen oder Publiforen, um eine nahezu repräsentative Bewertung von unterschiedlichen Energiezukünften vornehmen zu können.

Für welches der drei Optionen man sich entscheidet, ist eine Frage der politischen Prioritätensetzung, der Kooperationsbereitschaft von Axpo und der verfügbaren Ressourcen. Das Modell bietet ein großes Potenzial. Um dieses aber auszuschöpfen, bedarf es weiterer Modifikationen. Aus unserer Sicht sollte man zumindest die mittlere Variante weiter verfolgen, wobei gewährleistet werden sollte, dass durch etwaige Änderungen der Parameter, die Konsistenz des Modells nicht beeinträchtigt wird.

7.2 Struktur der Workshops

Die Workshops waren so angelegt, dass sie zum ersten einen Konsens in der Auswahl der Indikatoren erforderten und zum zweiten auf der subjektiven Gewichtung dieser Indikatoren beruhten. Dadurch konnten Konsens und Dissens parallel betrachtet werden. Der Kommentator Prof. Minsch hat in seinem Gutachten (Anlage 5) eindringlich auf die Wichtigkeit der Identifikation von Dissensen und Interessengegensätzen hingewiesen. Zudem hatten die Teilnehmer die Gelegenheit, zum Abschluss des Workshops ihre subjektiven Eindrücke und Empfehlungen zu artikulieren und sich über ihre Erfahrungen auszutauschen.

Alle drei Workshops haben die in sie gesteckten Ziele erreicht. Keiner der Teilnehmer hat die Übung abgebrochen, einige mussten allerdings aus Zeitgründen vorzeitig abreisen. Selbst Personen, die sich zu Anfang extrem kritisch und skeptisch über das Vorgehen geäußert hatten, kamen am Ende zu dem Schluss, dass sich die Teilnahme gelohnt und der Lerneffekt durchaus den Aufwand wettgemacht habe. Über die Einsatzfähigkeit des Modells und seiner Aussagekraft gab es, wie oben bereits erwähnt, große Differenzen, die aber die Arbeitsfähigkeit der Gruppe kaum negativ beeinflusst haben. Die Aufgaben wurden von allen Teilnehmern wie geplant durchgeführt. An der Ergebnisdiskussion wirkten alle mit relativ hohem Engagement mit.

Kritisiert wurden der sehr enge Zeitrahmen, die mangelnde Transparenz des Modells, die zum Teil wenig effiziente Auswertungsmethode bei der Sammlung der Gruppen- und der Individualdaten und der Hang einiger Teilnehmer, die Bewertung aus rein strategischen Überlegungen vorzunehmen. Ablauf und Wechsel von Gruppen- und Plenarsitzungen wurden dagegen selten thematisiert und wenn überhaupt, dann eher positiv hervorgehoben. Die Auswahl der Indikatoren in zwei Schritten (erst die Kriterien dann die Indikatoren) wurde meist begrüßt, wobei allerdings mehr Flexibilität bei der Auswahl der Kriterien, etwa die Wahl von „halben“ Kriterien gefordert wurde.

Sollte man in Zukunft die Option a wählen, also das vorhandene Modell in Workshops mit Vertretern von ausgewählten Gruppen einsetzen, würden wir den Ablauf der Workshops nicht wesentlich ändern. Die zweitägige Variante wäre sicher die bessere Lösung, aber ein eintägiger Workshop ist auch machbar. Ideal wäre es, wenn man den Teilnehmer zumindest die Indikatoren, wenn nicht sogar die performance values vorab zur Einsicht geben könnte.

Bei den Optionen b und c würden wir dagegen eine strukturelle Änderung vorsehen, wie sie bereits ursprünglich einmal angedacht war. Dann würden wir den Ablauf in vier Abschnitte gliedern:

- Auswahl der Indikatoren (wie gehabt in zwei Schritten): Dies sollte wieder im Wechsel von Kleingruppen und Plenarsitzung geschehen.
- Überprüfung der *performance values*: In diesem Schritt sollten die Teilnehmer die Begründungen für die performance values der Experten einsehen und diskutieren. Bei hohen

Unsicherheiten über die Expertenschätzungen sollten die Teilnehmer im Konsens vorgegebene Variationsmöglichkeiten auswählen können.

- Die Teilnehmer müssen sich verständigen, für welche Technologien oder Kombinationen sie eine Bewertung vornehmen wollen und welches Entwicklungsszenario sie dabei betrachten wollen. Zu viele Optionen in der Bewertung am Schluss führen leicht zu Irritationen, deshalb sollte bereits hier im Vorfeld eine Auswahl getroffen werden.
- Eingabe der subjektiven Gewichtungen: Interessant wäre es, wenn die Teilnehmer zunächst individuell die Gewichte eingeben, ohne dass sie direkten Einblick in die numerischen Ergebnisse ihrer Präferenzwahl erhalten. Anschließend werden sie gebeten, in einer Gruppenarbeit zusätzlich eine kollektive Gewichtung vorzunehmen, die von allen mitgetragen wird. Dies gelingt nur, wenn man relativ homogene Gruppen zusammenbringt. Dann werden die Ergebnisse der subjektiven Bewertung und der kollektiven Bewertung gegenübergestellt. Die Diskrepanz ist ein hervorragendes Strukturierungsinstrument für eine Diskussion über Dissens und Konsens in dieser Frage.
- Zum Schluss sollen sich die Teilnehmer die Aufgabe vornehmen, die Ergebnisse ganzheitlich zu interpretieren und möglicherweise daraus Empfehlungen abzuleiten.

Da die Aufgabenpalette in dieser erweiterten Form nicht an einem Tag zu erledigen ist, müsste man hierfür einen Zeitraum von zwei Tagen einplanen. Der Mehrwert würde aber den Aufwand für den zusätzlichen Zeitrahmen mehr als wettmachen.

7.3 *Impuls für den Energie Trialog Schweiz*

Die Organisation der drei Workshops hat aus unserer Sicht viel dazu beigetragen, die Ziele des Energie Trialog Schweiz zu erfüllen. Nach übereinstimmender Meinung der Teilnehmer hat der Einsatz des Modells in den drei Workshops zu einer Versachlichung des Dialogs, zur Stärkung einer Abwägungskultur und zu einem positiven Lerneffekt bei den Teilnehmern geführt. Überwiegend wurde auch der weitere Einsatz des Modells in erweiterte Workshops empfohlen, selbst wenn es zu keinen Veränderungen am Modell oder am Ablauf des Workshops kommen sollte.

Insofern hat sich es sich gelohnt, das Modell zu übernehmen und dazu drei Workshops abzuhalten. Man muss sich jedoch im Klaren sein, dass damit wenig Breitenwirkung verbunden ist. Die positiven Rückmeldungen werden bald verhallt sein und die Auswirkungen auf das Meinungsklima und die Kultur der Auseinandersetzung um zukünftige Energiepolitik in der Schweiz werden marginal bleiben. Wie also ließe sich die Wirkung der Workshops verstetigen? Wie könnte man langfristige Effekte erzielen?

Eine Möglichkeit ist natürlich, die Ergebnisse der drei Workshops in die Öffentlichkeit zu streuen. Dazu müssten man unterschiedliche Kanäle für die Adressaten wählen: Artikel in Fachzeitschriften

oder Vorträge auf Konferenzen, wenn man die Wissenschaftler ansprechen will; Präsentationen vor öffentlichen Gremien und Vorlagen für die politische Meinungsbildung, wenn man Politik erreichen will; und öffentliche Publikationen, Medienberichte, Fernsehauftritte und Foren, wenn man die Zivilgesellschaft und die allgemeine Öffentlichkeit zum Adressaten hat. Ob sich dieser Aufwand lohnt, ist fraglich, weil man das Modell nur in drei Workshops ausprobiert hat und die Frage nach der Relevanz für die gesamte Schweizer Energiepolitik offen bleiben muss. Allerdings sollte man zumindest in bescheidenem Rahmen diese Verbreitungsmöglichkeiten nutzen, da sonst der Nutzen auf die enge Zahl der Teilnehmer begrenzt bleibt.

Um die Wirkung zu verstetigen, spricht aus unserer Sicht viel für die Optionen b und c, die eine Weiterentwicklung des Modells voraussetzen. Eine additive Wiederholung der Workshops würde die strukturellen Probleme des Modelleinsatzes für volkswirtschaftliche und politische Strategieentscheidungen im Energiebereich (wozu das Modell gar nicht entwickelt wurde) nicht beheben. Von daher wäre es angebracht, die Modifikationen vorzunehmen und dann das Modell gezielt auf verschiedene Gruppen hin einzusetzen. Hilfreich wäre dabei eine Partnerschaft mit den öffentlichen Medien, wie etwa einer Zeitung oder einem TV Sender. Teilnehmer könnten dort über ihre Eindrücke und Lernerfolge berichten, die Organisatoren die Ergebnisse vorstellen und Politiker die Empfehlungen öffentlich diskutieren. Zudem könnte man Veranstaltungen vorsehen, bei denen ausgewählte Teilnehmer die Ergebnisse öffentlich darstellen und andere diese kommentieren.

Wie immer die Entscheidung über die weitere Vorgehensweise ausfallen mag, es wäre schade, wenn das von allen anerkannte Potenzial des Modells und seines Einsatzes für die Ziele des Energie Dialog Schweiz nicht ausgeschöpft und weiter entwickelt würde. Die Ergebnisse der drei Workshops zeigen, dass die anvisierten Ziele des Projektes trotz hohen Zeitdrucks und trotz widriger Umstände, vor allem in Hinsicht auf die erforderliche Transparenz der Modellstruktur und der zugrunde gelegten Datenbasis, weitestgehend erfüllt werden konnten. Eine weitere Investition in Modell und Projekt würde sich aus unserer Sicht nicht nur lohnen, sondern auch der gesamten Initiative des Energie Dialog Schweiz einen innovativen und öffentlichkeitswirksamen Schub geben, der wie ein Katalysator die Energiediskussion in der Schweiz befruchten und bereichern könnte.

Literatur

Ad Hoc Kommission der Bundesregierung. 2003: Harmonisierung und Neubewertung der Risikobewertung. Gutachten an die Bundesregierung. München: Bundesamt für Strahlenschutz

Goldblatt, D.L. 2005: Sustainable Energy Consumption and Society. Personal, Technological or Social Change? Dordrecht, Heidelberg und New York: Springer

Keeney, R.L. und Raiffa, H. 1976: Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. New York. Wiley

Leiss, W. 2004: Effective Risk Communication Practice. Toxicology Letters, 149: 399-404

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