

ilk

INTERNATIONALE
LÄNDERKOMMISSION
KERntechnik

Baden-Württemberg · Bayern · Hessen



ILK-Bericht

Zusammenfassung des Internationalen
ILK-Workshops "Nachhaltigkeit"

For the english version, please flip this booklet over!

Mai 2005
Nr.: ILK-21 D

Vorwort

Die Internationale Länderkommission Kerntechnik - ILK - der Länder Baden-Württemberg, Bayern und Hessen wurde im Oktober 1999 gegründet und besteht derzeit aus 13 Wissenschaftlern und Experten aus Deutschland, Finnland, Frankreich, Schweden, der Schweiz und den USA. Durch die unabhängige und objektive Beratung der drei Länder in Fragen der Sicherheit kerntechnischer Anlagen, der Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie der Risikobewertung der Kernenergienutzung soll die ILK insbesondere einen wichtigen Beitrag liefern, die Zukunftsfähigkeit der Kernenergie in Deutschland zu bewerten.

In den vergangenen Jahren ist die Frage einer nachhaltigen Energieversorgung für die Zukunft wiederholt und unter sehr unterschiedlichen Randbedingungen diskutiert worden. Zu nennen sind hier z. B. die Fragen der globalen Erwärmung oder die Kapazitäten der Rohstoffvorräte. Die ILK misst diesen Themenstellungen große Bedeutung bei und hatte daher im Januar 2004 eine Stellungnahme zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung, ILK-16, verabschiedet. Ziel des Internationalen ILK-Workshops "Nachhaltigkeit" am 23. Februar 2005 war es, die in der ILK-Stellungnahme dargestellten grundlegenden Indikatoren und Kriterien erneut am Stand der Wissenschaft zu spiegeln und gegebenenfalls Gesichtspunkte zu identifizieren, die die von der ILK vorgeschlagene Bewertung der Nachhaltigkeit aus fachlich-praxisorientierter Sicht verbessern können. Der vorliegende Bericht fasst die wesentlichen Ergebnisse dieses Workshops zusammen und wurde auf der 35. ILK-Sitzung am 24. Mai 2005 in Kloster Eberbach verabschiedet. Dieser Bericht richtet sich nicht nur an die Behörden, sondern auch an die Politik und die Öffentlichkeit.

Der Vorsitzende



Dr. Serge Prêtre

Vorwort	2
1 Einführung	4
2 Generelle Vorgehensweise (1. Sitzung)	5
3 Indikatorensatz (2. Sitzung)	9
4 Aggregation (3. Sitzung)	11
5 Zusammenfassung und Ausblick	14
6 Referenzen	15
Mitglieder der ILK	17
ILK-Veröffentlichungen	19

ILK - Geschäftsstelle beim Bayerischen Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
 D-86179 Augsburg
 Telefon: +49-173-65 707-11/-10
 Telefax: +49-173-65 707-98/-96
 E-Mail: info@ilk-online.org
<http://www.ilk-online.org>

1 Einführung

Der Internationale ILK-Workshop "Nachhaltigkeit" fand am 23. Februar 2005 im Sheraton Frankfurt Hotel & Towers in Frankfurt, Deutschland, statt.

Ausgangspunkt für diesen Workshop waren dabei die "ILK-Stellungnahme zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung", ILK-16, vom Januar 2004 [1] sowie die Ergebnisse der von der ILK in Auftrag gegebenen Studie "Sustainability of Electricity Supply Technologies under German Conditions: A Comparative Evaluation" des Paul Scherrer Instituts vom November 2003 [2]. Den Teilnehmern war im Vorfeld angeboten worden, die aktuellen Entwicklungen in ihren Institutionen darzustellen, und diese Vorgehensweise vorzugsweise an der ILK-Stellungnahme [1] zu spiegeln. Zur Berücksichtigung interdisziplinärer Aspekte waren neben Referenten aus dem Gebiet der Kerntechnik und der Energiewirtschaft auch Vertreter anderer Bereiche eingeladen worden¹. Ziel des Workshops war es, die in der ILK-Stellungnahme dargestellten grundlegenden Prinzipien und Methoden erneut am Stand der Wissenschaft zu spiegeln und gegebenenfalls Gesichtspunkte zu identifizieren, die die von der ILK vorgeschlagene Bewertung der Nachhaltigkeit, insbesondere von Stromerzeugungstechnologien, aus fachlich-praxisorientierter Sicht verbessern können. Darüber hinaus wollte der Workshop generell Experten und Wissenschaftlern Gelegenheit zum internationalen und fachübergreifenden Gedanken- und Erfahrungsaustausch bieten.

Der Workshop bestand aus drei Sitzungen, jeweils mit Vorträgen und abschließenden Diskussionen:

1. Sitzung "Generelles Vorgehen",
2. Sitzung "Indikatorensatz",
3. Sitzung "Aggregation".

Die einzelnen Vorträge [3], [5] bis [14] können auf der Website der ILK (www.ilk-online.org) eingesehen und ausgedruckt werden. Der hier vorliegende Bericht fasst die wesentlichen Ergebnisse des Workshops zusammen.

¹ Leider war es nicht allen eingeladenen Organisationen möglich teilzunehmen, so dem WBGU ("Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen") oder dem WBCSD ("World Business Council on Sustainable Development").

2 Generelle Vorgehensweise (1. Sitzung)

In seiner Einführung [3] stellte Prof. Kröger (ILK) den Hintergrund der ILK-Stellungnahme [1] zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung vor. Angesichts eines erheblichen Ersatz- und Zusatzbedarfs an Kraftwerken bis zum Jahr 2020 und dem einhergehenden Erneuerungspotential, ist darauf zu achten, dass sich auch die Stromerzeugungstechnologien dem Gebot der Nachhaltigkeit stellen müssen. Auf Basis der Definition der Brundtland-Kommission ist dabei eine ausgewogene Berücksichtigung der Dimensionen Wirtschaftlichkeit (z. B. Garantie der Versorgungssicherheit und "Bezahlbarkeit"), Umwelt (z. B. Schonung der natürlichen Ressourcen und des Klimas) und gesellschaftliches Wohlergehen (z. B. Schaffung gesellschaftlicher Akzeptanz) zu gewährleisten. Eine Operationalisierung dieser Definition sollte mittels allgemein anerkannter Kriterien und quantifizierbarer Indikatoren erfolgen. Verschiedene Organisationen, z. B. UNO (CSD, "Commission on Sustainable Development"), IAEA oder OECD, haben entsprechende Kriterien- und Indikatorensätze entwickelt, allerdings ist ein allgemein anerkannter Satz spezifischer Indikatoren derzeit nicht verfügbar und auch Ansätze zur Zusammenführung unterschiedlicher Vorgehensweisen fehlen. Die ILK hat daher auf Basis einer Studie des Paul Scherrer Institutes [2] eine methodische Vorgehensweise für einen Vergleich der Stromerzeugungstechnologien in Deutschland erstellt und mit entsprechenden Daten versehen. Dieses Instrumentarium sollte eine breite gesellschaftspolitische Diskussion über die unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit ermöglichen. Dieser ILK-Workshop ist dabei ein erster Ansatz zu einer Meinungsbildung unter den Organisationen und Personen, die auf diesem Gebiet tätig sind.

Dr. Bertel (OECD-NEA) führte unter Bezug auf eine frühere OECD-NEA-Studie [4] aus, dass die von der ILK verwendeten drei Dimensionen der Wirtschaftlichkeit ("economy"), Umwelt ("environment") und gesellschaftlichem Wohlergehen ("society") auch bei den Überlegungen der OECD-NEA eine zentrale Rolle einnehmen. Insgesamt ähneln die von der OECD-NEA durchgeführten Entwicklungen der in der ILK-Stellungnahme vorgeschlagenen Vorgehensweise. Dr. Bertel wies aber auch darauf hin, dass es in der konkreten Umsetzung entsprechender Methoden oft Schwierigkeiten gebe, die in der Unsicherheit der verwendeten Daten und Informationen begründet liegt. Diese Unsicherheiten sind zwar in einer wissenschaftlichen Betrachtung oft handhabbar, allerdings gibt es oft größere Probleme in der öffentlichen Diskussion, wenn einzelne mit Unsicherheiten behaftete Daten als Maßstab für die "Güte" des gesamten Vorhabens herangezogen werden. Aufgrund dieser Schwierigkeiten sei man in der OECD-NEA weitgehend von absoluten Bewertungen, d. h. Aussagen, dass eine bestimmte Technologie die beste sei,

abgekommen und setze sich für relative Aussagen ein, d. h. eine Option ist in einem bestimmten Kontext besser als andere. Ferner wird von der OECD-NEA derzeit der Einsatz dieses Instrumentariums eher für den Vergleich von unterschiedlichen Optionen innerhalb eines Technologiebereiches befürwortet als für die Gegenüberstellung unterschiedlicher Technologien.

Die von Dr. Bertel erwähnten Auswirkungen der Unsicherheiten von Daten wurden bei der Durchführung einer Nachhaltigkeitsbetrachtung als wesentlich angesehen. In der Diskussion wurde aber auch betont, dass Unsicherheiten in Daten fast immer gegeben seien und oft handhabbar seien. Größere Bedeutung wird der Auswahl geeigneter Indikatoren und Kriterien zugemessen.

Prof. Grunwald (Forschungszentrum Karlsruhe) betonte in seinem Vortrag [5] zunächst die Notwendigkeit einer Operationalisierung von Nachhaltigkeit, um z. B. eine Klärung des Gegenstandsbereichs zu ermöglichen und damit auch einem ideologischen Missbrauch vorzubeugen. Daher wurde in der Helmholtz-Gemeinschaft ein integratives Konzept entwickelt. Dieses Konzept enthält als erstes Element substantielle Nachhaltigkeitsregeln ("Was-Regeln"), die die Mindestbedingungen nachhaltiger Entwicklung darstellen und den drei Zielen Sicherung der menschlichen Existenz, Erhaltung des gesellschaftlichen Produktionspotenzials und Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten zugeordnet sind. Als zweites Element benennt dieses Konzept instrumentelle Nachhaltigkeitsregeln ("Wie-Regeln"), die Anforderungen an institutionell-politische Verhältnisse festlegen, damit die substantiellen Regeln, d. h. die Mindestbedingungen nachhaltiger Entwicklung, erreicht werden können. Für spezielle Anwendungen, hier die Stromerzeugung, werden dann für beide Elemente relevante Regeln festgelegt ("Kontextualisierung"). Eine solche Vorgehensweise kommt nach Ansicht von Prof. Grunwald in der ILK-Stellungnahme zu kurz. In der weiteren Bewertung dieser Stellungnahme führte Prof. Grunwald aus, dass die Betrachtung der drei Dimensionen ein guter Ansatz ist, aber potentiell blinde Flecken zulässt. Der von der ILK verwendete, vergleichende Ansatz ist angemessen und realisierbar, allerdings ist die fehlende Berücksichtigung von potentiellen Leitplanken, d. h. zulässigen Grenzwerten für Indikatoren, anzumerken. Für die weitere Vorgehensweise sollten Anwendungen dieser Methode unter Beteiligung betroffener Interessensvertreter ("stakeholder") oder ggf. interessierter Bürger angestrebt werden.

In der Diskussion dieses Vortrags bestand Einvernehmen, dass neben der Erfüllung von Mindestkriterien auch die qualitative Güteerfüllung eines Kriteriums berücksichtigt werden sollte. Generell wurde festgestellt, dass das von Prof. Grunwald präsentierte eher "allgemeine" Modell auf den konkreten Anwendungsfall angepasst werden muss.

Prof. Voß (Universität Stuttgart) stellte in seinem Beitrag [6] die drei Elemente inter- und intragenerationale Gerechtigkeit, Nutzung natürlicher Ressourcen im Rahmen einer weichen Nachhaltigkeit sowie das 3-Säulen Modell der ILK-Stellungnahme in den Mittelpunkt. Die Ausführungen der Brundtland-Kommission nennen als normative Prinzipien die Ermöglichung der Bedürfnisbefriedigung innerhalb jeder Generation (intragenerativ) und den Erhalt der Möglichkeit der Bedürfnisbefriedigung kommender Generationen (intergenerativ). Somit stellt sich konkret die Frage der Nutzung und Verfügbarkeit der natürlichen Ressourcen. Bei nicht erneuerbaren natürlichen Ressourcen sollte als Gegenleistung der Erhalt oder die Ausweitung technisch-wirtschaftlich verfügbarer Ressourcenmenge erfolgen, ein entsprechender Indikator wird in der ILK-Stellungnahme allerdings nicht ausgewiesen. Anstelle einer Anwendung des 3-Säulen Modells (wirtschaftlich, ökologisch, sozial) plädierte Prof. Voß für die funktionale Betrachtung des Wirtschaftsprozesses, der auf Basis der Naturressourcen im Wesentlichen aus einem Transformationsprozess zur Befriedigung von Bedürfnissen an Gütern und Dienstleistungen besteht. Dabei ist die Energieversorgung nicht als Ziel, sondern als Mittel zu betrachten. In diesem Sinne lässt sich die relative Nachhaltigkeit von Energietechniken mittels des gesamten Ressourcenaufwandes je Energiedienstleistung (Quellen- und Senkenanspruchnahme) messen. Quantitativ kann man den gesamten Ressourcenaufwand als Summe der privaten und externen Kosten ermitteln. Die Frage der gerechten Verteilung von Energie ist nicht auf der Ebene von Technologien zu behandeln.

In der Diskussion plädierte Prof. Voß für einen Nachhaltigkeitszeitraum, der die derzeitige und die beiden nächsten Generationen umfasst, aber nicht "unendlich" in die Zukunft geht. Die Vollkostenbetrachtung wurde kontrovers diskutiert (siehe auch 3. Sitzung), ebenso wie die Frage der "weichen" oder der "harten" Nachhaltigkeit und der Aspekt "Equity", d. h. der gerechten Verteilung. Die ILK-Stellungnahme hat diesen letzten Aspekt bewusst nicht berücksichtigt, sondern hat ausschließlich den Vergleich verschiedener Technologien zum Gegenstand.

Prof. Renn (Universität Stuttgart) zeigte zu Beginn seiner Präsentation [7] die Bandbreite möglicher Nachhaltigkeitskonzepte auf. Zunächst stellte er die "Säulenmodelle" vor (vom (ökologischen) Einsäulenmodell über die diversen Dreisäulenmodelle hin zu Mehrsäulenmodellen), dann thematisierte er die auf Kommunikation beruhenden Modelle, die z. B. auf Aushandlungsprozessen beruhen, und endete schließlich mit den normativen Modellen, wie z. B. dem bereits vorgestellten Helmholtz-Konzept. Der analytische Ansatz der ILK basiert auf dem Dreisäulenmodell gekoppelt mit einem normativen Konzept hinsichtlich der drei essentiellen Komponenten. Festsustellen ist dabei, dass im ökonomischen Bereich der Nachfragebereich und die öffentlichen Güter nicht angesprochen werden,

während die ökologische Komponente eine Betrachtung der Biodiversität vermissen lässt. Bei der sozialen Komponente kann die von der ILK getroffene Auswahl zwar als relevant bezeichnet werden, allerdings lässt sich kein deduktives Ableitungsprinzip erkennen, so dass die ausgewählten Aspekte als willkürlich erscheinen. Aufbauend auf einer funktionalen Ableitung von Dimensionen für den Kernbereich des Sozialen (Tausch, Beziehung, Identität und Ordnung) schlug Prof. Renn dann konkret verschiedene soziale Indikatoren, z. B. Sicherstellung einer langfristigen Versorgung für alle Verbraucher, sozialverträgliche Entwicklung oder Auswirkung auf soziale Lernprozesse und Innovationsfähigkeit vor. Als Fazit stellte er fest, dass die ILK-Stellungnahme zwar eine durchaus gelungene Balance verschiedener Faktoren darstellt, mit einem Schwergewicht auf der Funktionalität, aber die Kernpunkte der sozialen Nachhaltigkeit nicht hinreichend betrachtet und entsprechende Begründungen vermissen lässt.

In der anschließenden Diskussion wurde die Notwendigkeit einer erweiterten Begründung der Auswahl der verwendeten Indikatoren und einer deduktiven Vorgehensweise generell betont und anerkannt. Gleichzeitig wurden auch die der ILK-Stellungnahme zugrunde liegenden Aspekte der Funktionalität und eines im Zweifelsfall pragmatischen Vorgehens bekräftigt. Dafür wurde insbesondere vorgebracht, dass ein Großteil der diskutierten sozialen Aspekte sich vermutlich nicht einzelnen Technologien zuordnen lässt, sondern eine Funktion des gesamten Energiesystems oder eines Energieszenarios ist. Damit differenzieren diese Aspekte nicht zwischen den einzelnen Technologien; ggf. wird auch bereits bei der Ermittlung von Indikatoren eine Wertung eingeführt. Dagegen war es das Ziel der ILK, einen Vergleich der Technologien zu ermöglichen und die Beschreibung des Sachverhalts durch Indikatoren von der Wertung in Form von Gewichtungen möglichst zu trennen.

Prof. Kröger stellte in seiner Zusammenfassung der 1. Sitzung fest, dass die durch die ILK-Stellungnahme erfolgte Operationalisierung generell begrüßt wird. Die gewählte Vorgehensweise sollte allerdings in einigen Bereichen, z. B. bei der weichen Nachhaltigkeit oder den Elementen und Indikatoren der Dimension Soziales, noch einmal betrachtet und vorzugsweise explizit abgeleitet und begründet werden. Der gewählte Ansatz einer Relativbewertung trifft ebenfalls auf Zustimmung und erlaubt es z. B. auch, mögliche Schwierigkeiten bei den Datensätzen als weniger kritisch zu werten. Somit erscheint die Vorgehensweise der ILK-Stellungnahme als pragmatischer Ansatz geeignet. Für den Prozess selber ist die Einbeziehung relevanter Interessensgruppen ("Stakeholder") wesentlich und sollte in Angriff genommen werden; auch sollte die Transparenz erhöht werden, d. h. die Auswirkungen von Einzelfestlegungen und -entscheidungen sollten erläutert werden.

3 Indikatorensatz (2. Sitzung)

In seiner Einführung [8] in das Thema der 2. Sitzung betonte Dr. Lindauer (ILK) noch einmal den transparenten Vergleich verschiedener Stromerzeugungstechnologien als Ziel der ILK-Stellungnahme. Dies erfolgt mittels einer begrenzten Zahl von Indikatoren, die quantitativ bewertet werden und geeignet zusammengefasst werden, wobei der letzte Aspekt in der 3. Sitzung dieses Workshops behandelt wird. Die Indikatoren sollen dabei alle für die Bewertung relevanten Gesichtspunkte durch geeignete Größen und mit korrekten Zahlenwerten charakterisieren. Konkret ergeben sich somit Fragen, inwieweit z. B. alle wichtigen Aspekte erfasst und durch richtige Größen beschrieben sind oder der Detaillierungsgrad richtig gewählt ist.

Prof. Elsässer (E.ON Energie) wies zu Beginn seines Beitrags [9] darauf hin, dass das Thema Nachhaltigkeit auch für das Unternehmen E.ON Energie eine hohe und aktuelle Bedeutung hat. Die einzelnen Indikatoren der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit sollten vor allem eine hohe Bedeutung für die Nachhaltigkeit haben und außerdem möglichst gut quantifizierbar sein. Gerade im Hinblick auf eine öffentliche Diskussion sollten die Indikatoren im Zweifelsfall eher anschaulich sein als noch das letzte Detail abzubilden. Aus der Vielzahl der existierenden Ansätze für Indikatoren in diesem Bereich wurde der Ansatz des WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) herangezogen und ein Vergleich mit den von der ILK genannten Indikatoren durchgeführt. Neben einer Anzahl von zu erwartenden Übereinstimmungen gibt es auch einige Indikatoren der ILK-Stellungnahme, die über den Ansatz des WBCSD hinausgehen. Bei näherer Betrachtung, und unter Annahme der obigen Maximen, lassen sich einige Vereinfachungen der von der ILK verwendeten Indikatoren vorschlagen. So könnte u. a. ein Indikator "reale Produktionskosten" die drei Indikatoren "Produktionskosten", "Verfügbarkeit/Lastfaktor" und "Lastfolgeverhalten" abdecken und ein Indikator "Risiko-Aversion" die Indikatoren "Proliferationspotenzial", "notwendige Einschusszeit des kritischen Abfalls" und "maximale Konsequenzen eines potentiellen Unfalls". Ferner wird der Verzicht auf einzelne Indikatoren der ILK vorgeschlagen, die nicht eindeutig, nicht repräsentativ oder für die Öffentlichkeit nicht hinreichend nachvollziehbar sind. Abschließend wird ein vereinfachter Indikatorensatz von 11 Indikatoren vorgeschlagen.

Den Schwerpunkt der Diskussion bildete die Frage der Vereinbarkeit von Indikatorensätzen, die für den Dialog mit der Öffentlichkeit geeignet sind und solchen, die wissenschaftlichen Ansprüchen genügen. Die ILK-Stellungnahme versucht diesbezüglich einen Mittelweg zu beschreiben; gleichzeitig öffnet dies den Weg für Verbesserungsvorschläge sowohl hinsichtlich einer Reduzierung (Prof. Elsässer) als auch einer Erweiterung (Prof. Renn) der verwendeten Indikatoren.

Betont wurde in der Diskussion auch, dass zugunsten der Anschaulichkeit nicht generell auf schwierig zu vermittelnde Indikatoren verzichtet werden sollte, weil sonst die Gefahr einer Diskreditierung des gesamten Vorgehens besteht.

Herr Frieß (LfU Bayern) ging in seiner Präsentation [10] zunächst auf die verschiedenen Stufen der Entwicklung eines Umweltindikatorensystems für Bayern ein. Aus dieser Entwicklung lassen sich verschiedene allgemeingültige Auswahlkriterien ableiten, die die Themen Datenverfügbarkeit, Relevanz, funktionaler Zusammenhang, Zielorientierung, Steuerbarkeit, Bewertungssicherheit, Kommunizierbarkeit und Kompatibilität beinhalten. So werden z. B. hinsichtlich der Relevanz in diesem Modell zunächst übergeordnete Schutzgüter betrachtet (z. B. Klima und Gesundheit). Nach einem Folgeschritt, der die Betrachtung der Kette funktionaler Zusammenhänge (Aktivitäten -> Belastungsfaktoren -> Umweltmedien / Ressourcen -> Folgen) beinhaltet, werden dann die Indikatoren (z. B. Luftqualität) zugeordnet. Aufbauend auf diesen Erfahrungen lassen sich generelle Empfehlungen für den Indikatorenansatz der ILK, mit Schwergewicht auf der Dimension Umwelt, ableiten. So sollte versucht werden, ein Einvernehmen über den Indikatorenansatz zu erzielen, z. B. durch "Abgleich" mit dem Kernindikatorensatz der UMK (Umweltministerkonferenz) und durch Prüfung der Fachrelevanz für den Energiesektor. Die Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit sollte für eine breite, öffentliche Diskussion verbessert werden, z. B. hinsichtlich der Anwendung der Wertungsgewichte beim verwendeten MCDA (multi-criteria decision analysis)-Modell. Ferner sollten dynamische Weiterentwicklungen (z. B. Biomasse oder technologische Fortschritte) berücksichtigt werden.

In der Diskussion wurde die fundierte Ableitung der Kernindikatoren begrüßt, weil damit einer gerade im ökologischen Bereich vereinzelt auftretenden subjektiven bzw. ideologischen Auswahl von Indikatoren entgegengewirkt wird. Gleichzeitig liefert dieser Kernindikatorensatz der UMK auch eine sehr gute Basis, um die von der ILK verwendeten Indikatoren an ihm zu messen und auf ihre Relevanz hin zu prüfen.

Dr. Kuckshinrichs (Forschungszentrum Jülich) stellte in seinem Beitrag [11] die Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Indikatorenansatzes im Rahmen des RedImpact-Vorhabens vor. Ziel dieses Vorhabens ist die Ermittlung der Vor- und Nachteile von Verfahren zur Reduzierung radioaktiver Abfälle, wie z. B. Partitionierung oder Transmutation. Als Basis der Nachhaltigkeitsbewertung wird dabei das 3-Säulen-Modell herangezogen. Die Indikatoren sollen sowohl wissenschaftlichen als auch praktischen Kriterien genügen. Während im wissenschaftlichen Bereich eine sehr große Anzahl von Indikatoren (ca. 300) existiert, verringert sich diese Zahl für Entscheidungsträger durch Aggregation auf 35 bis 100 und wird nochmals weiter aggregiert auf diejenigen Indikatoren, die für die öffentliche

Diskussion herangezogen werden. Dabei ist es nach Meinung von Dr. Kuckshinrichs wichtig, dass bereits im Vorfeld bestehende, auch sehr allgemeine Indikatorenansätze berücksichtigt werden, um alle wesentlichen Faktoren zu berücksichtigen. Im konkreten Vergleich mit dem Indikatorenansatz der ILK ergeben sich z. B. Unterschiede im Bereich Wirtschaftlichkeit durch die Berücksichtigung der öffentlichen Kosten im RedImpact-Vorhaben oder durch die Verwendung von Indikatoren für die Biodiversität, für den Transport von neuen oder abgebrannten Brennelementen sowie für den Einfluss von Emissionen auf die Luft- und Wasserqualität. Wertschöpfung sowie die Gefahren durch terroristische Angriffe werden im RedImpact-Vorhaben als zusätzliche Indikatoren im Bereich Soziales verwendet.

Auf die im Februar 2005 von der UN entwickelten Indikatoren für den Energiebereich wurde in der Diskussion hingewiesen. Der in beiden Vorhaben (RedImpact, ILK) benutzte Indikator "Beschäftigung" wurde hinsichtlich seiner Eignung sehr kontrovers diskutiert. Ferner wurde vorgeschlagen, einige der Indikatoren durch eine Kostenbetrachtung funktional zu fassen.

Dr. Lindauer stellte als Resümee der 2. Sitzung fest, dass es einige interessante Anregungen gegeben habe, z. B. den Vorschlag der Reduzierung der bisher von der ILK eingesetzten Indikatoren, gleichzeitig aber auch Vorschläge zur Erweiterung der Indikatoren in den Bereichen Umwelt und Soziales. Der Vergleich der Indikatorenansätze des RedImpact-Vorhabens und der ILK zeige dabei recht gute Übereinstimmungen. Einer näheren Betrachtung sollte auch der Vorschlag unterzogen werden, für verschiedene Indikatoren eine stärkere Nutzung einer Kostenbetrachtung anzuwenden.

4 Aggregation (3. Sitzung)

Prof. Weiß (ILK) führte in seiner Einführung [12] aus, dass die Aggregation das Ziel verfolgt, die verschiedenen Indikatoren zu einem einzigen Kennwert zusammenzufassen. In der ILK-Stellungnahme ist dieses einmal über die Gesamtkosten sowie über die Multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) erfolgt. Die Betrachtung der Gesamtkosten umfasst die internen Kosten (Produktionskosten) und externe Kosten, wie z. B. die Effekte aus schweren Unfällen oder aus der globalen Erwärmung. Vorteil dieser Aggregation ist ihre weitgehende Unabhängigkeit von subjektiven Einschätzungen. Allerdings werden wichtige Kriterien, z. B. gesellschaftliche Indikatoren, nicht erfasst. Bei der Anwendung von MCDA erfolgt zunächst eine lineare Normalisierung der Indikatoren, bei der der beste / schlechteste Wert mit 100 / 0 bewertet wird. Mittels einer anschließenden Gewichtung der Indikatoren, der Auswirkungsbereiche und der drei Dimensionen ergibt sich dann ein einziger Nachhaltigkeitskennwert für die jeweils betrachtete Option, d. h.

Stromerzeugungstechnologie. Wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse jeweils eine der drei Dimensionen deutlich übergewichtet, so werden exemplarisch die Stärken und Schwächen der verschiedenen Stromerzeugungsoptionen aufgezeigt, z. B. Schwächen der Optionen Wind- und Sonnenenergie bei der Dimension Wirtschaftlichkeit bzw. der Option Kernenergie bei der Dimension Soziales. Dabei haben moderate Veränderungen der Gewichte für die einzelnen Indikatoren nur geringe Auswirkungen. Vorteile der Anwendung von MCDA sind die Berücksichtigung aller Kriterien und die Berücksichtigung subjektiv unterschiedlicher Interessenslagen. Nachteilig sind die zu einfache lineare Normalisierung der Indikatoren sowie die fehlende Unsicherheitsbetrachtungen. Zur Strukturierung der Energiedebatte wird die Nutzung der MCDA vorgeschlagen.

Dr. Hirschberg (Paul Scherrer Institut) ging in seinem Vortrag [13] noch näher auf die Unterschiede zwischen den beiden genannten Aggregationsmethoden ein. Grundvoraussetzung für die Betrachtung der Gesamtkosten ist es, dass alle Indikatoren in Kosten dargestellt werden können. Falls dieses möglich ist, liefern die resultierenden Kosten-Nutzen-Betrachtungen eine gute Basis für eine öffentliche Meinungsbildung. Allerdings ist die Monetarisierung z. B. von einigen sozialen Indikatoren nur sehr schwierig oder überhaupt nicht möglich und/oder nicht von den betroffenen Interessengruppen ("stakeholder") akzeptiert. Die Gesamtunsicherheiten einer Ermittlung der externen Kosten können sehr groß sein und daher eventuell zu nicht sehr stabilen Rangfolgen führen. Einige Schätzungen der spezifischen externen Kosten beruhen auf einer unsicheren Basis; für einige potentiell bedeutsame externe Faktoren sind die relevanten Kostenschätzungen (noch) nicht verfügbar. Die MCDA-Methodik ist dann vorteilhaft, wenn komplexe Probleme mit sehr unterschiedlichen Interessengruppen und vielfältigen Lösungsmöglichkeiten zu behandeln sind. Dabei liefert die MCDA weniger die "einzige" Antwort, sondern ist vor allem auch als Instrument zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses zu sehen. Die Hauptkritik an der MCDA ist, dass sie auf subjektiven Einschätzungen und Bewertungen aufbaut. Diese subjektiven Bewertungen liefern jedoch gleichzeitig ein Abbild der unterschiedlichen Interessenlagen und fördern somit die Transparenz und damit die Qualität des Entscheidungsprozesses. Die gewählte lineare Normalisierung der einzelnen Indikatorwerte kann leicht verständlich gemacht und erklärt werden, z. B. der Öffentlichkeit gegenüber. Eine anspruchsvollere Methode bietet angesichts der Präferenzen der Bewerter und bei qualitativen Informationen oft keine markanten Vorteile. Andererseits ist in der Tat festzustellen, dass die lineare Normalisierung zum Teil als zu einfaches Verfahren beurteilt werden muss, da z. B. das Risiko in der Regel nicht als lineare Funktion der Indikatorwerte wahrgenommen wird. Ferner gibt es bei der MCDA-Methode keine Möglichkeiten Grenzwerte einzuführen.

Prof. Voß (Universität Stuttgart) wies in seinem Beitrag [14] zunächst darauf hin, dass Indikatoren als vereinfachte Kenngrößen für einen komplexen Nachhaltigkeitsaspekt anzusehen sind, die aber gleichzeitig richtungssicher und überlappungsfrei sein sollten und in der Summe alle wichtigen Aspekte abdecken sollten. Bei der anschließenden Aggregation erfolgt bei einem nichtmonetären Bewertungsverfahren, z. B. MCDA, eine Skalierung der Indikatorwerte in Bezug auf eine eindimensionale Zielertragsfunktion und eine anschließende Festlegung von Wichtungskoeffizienten für die Indikatoren untereinander; die sachgerechte Festlegung dieser Zielertragsfunktionen und der Wichtungskoeffizienten ist dabei die problembehaftete Eigenschaft dieser Bewertungsverfahren. Bei einer monetären Bewertung stellt die Nutzungsintensität der Ressourcen das zentrale Nachhaltigkeitsmaß dar. Somit ist der Verbrauch dieser Ressourcen die Grundlage der Bewertung, bei der die Gesamtkosten als bewerteter gesamter Resourceverbrauch betrachtet werden. Diese Gesamtkosten setzen sich aus privaten und externen Kosten zusammen, die - im Gegensatz zu nicht-monetären Verfahren - nicht durch individuelle Wertzuweisungen bestimmt werden, sondern die kollektiven Präferenzen der Gesellschaft widerspiegeln. Die beiden üblichen Methoden sind dabei Marktpreise als Wertzuweisung durch die Marktteilnehmer und Zahlungsbereitschaft als Wertzuweisung bei Gütern, für die kein Markt besteht. Abschließend erwähnte Prof. Voß, dass die ILK-Stellungnahme sowie Untersuchungen an seinem Institut vergleichbare Gesamtkosten für die einzelnen Stromerzeugungstechnologien ermittelt haben.

In der Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen einer Gesamtkostenbetrachtung wurde unter anderem ausgeführt, dass Elemente wie die Reichweite einer Ressource über den Marktpreis schon implizit mitberücksichtigt werden, während z. B. die individuell unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften für den Erhalt der Umwelt bei der Gesamtkostenbetrachtung nur als Durchschnittswert erfasst werden können. Hier wird ein Vorteil der MCDA deutlich, die es ermöglicht, unterschiedliche Ausprägungen abzubilden und damit auch ein Bewusstsein für möglicherweise bestehende Konflikte zu ermitteln. Diese Information wiederum kann als Basis für Kompensationsmöglichkeiten genutzt werden. Als mögliche Lösung dieses Konfliktes zwischen Gesamtkostenbetrachtung und der MCDA wurde vorgeschlagen, beide Ansätze parallel einzusetzen, um somit die Stärken beider Vorgehensweisen nutzen zu können.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend wurde von den ILK-Mitgliedern und auch den Teilnehmern der Verlauf dieses Workshops und der damit verbundene Informationsaustausch als sehr positiv bewertet. Die ILK-Stellungnahme [1] ist auf großes Interesse gestoßen und es konnten erhebliche Übereinstimmungen mit anderen Modellen und Vorgehensweisen festgestellt werden. Zu diesen Übereinstimmungen zählen z. B. die Anwendung des 3-Säulen-Modells (Wirtschaft, Umwelt, Gesellschaft), die vorgenommene Operationalisierung des Nachhaltigkeitsgedanken für den konkreten Anwendungsfall der Stromerzeugungstechnologien, der gewählte Indikatorenansatz und die vergleichende Betrachtung verschiedener Technologie-Optionen. Gleichzeitig wurde in der Diskussion aber auch deutlich, dass das von der ILK vorgeschlagene Modell an verschiedenen Stellen noch Optimierungsmöglichkeiten aufweist. So wurden z. B. die Anzahl und Auswahl der Indikatoren kritisch hinterfragt. Es wurden Vorschläge für die Zusammenfassung von Indikatoren, z. B. im wirtschaftlichen Bereich, sowie Vorschläge für zusätzliche Indikatoren, z. B. aus dem gesellschaftlichen Bereich, unterbreitet. Hinsichtlich der von der ILK getroffenen Auswahl an Indikatoren wurden erläuternde Begründungen vermisst bzw. als verbesserungswürdig angesehen. Beim Thema Aggregation wurden die unterschiedlichen Ansätze einer Gesamtkostenbetrachtung und einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse einmal mehr deutlich. Die Möglichkeit eines parallelen Einsatzes beider Vorgehensweisen wurde diskutiert und befürwortet.

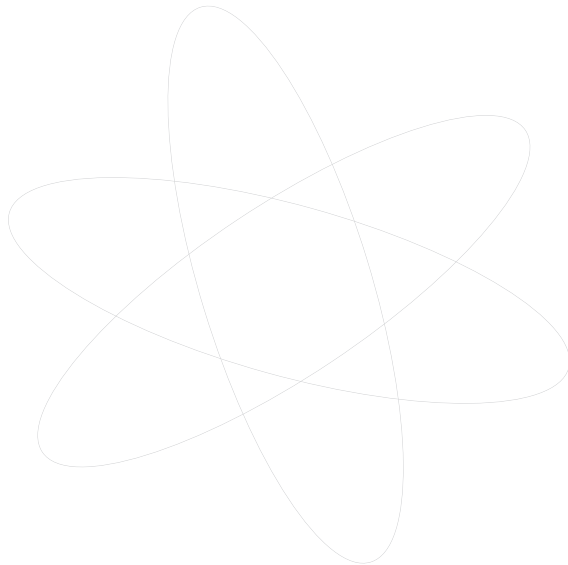
Hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise wurden sowohl Diskussionen mit den Energieversorgern als auch weitergehend mit allen relevanten Interessengruppen (z. B. Industrie, Umweltverbände, Politik) angeregt. Für die ILK wird dieser Workshop Anlass sein, die angesprochenen Punkte noch einmal näher zu betrachten und die ILK-Stellungnahme [1] daran zu spiegeln. Einzelne Aspekte werden dabei in weiteren Expertengesprächen noch detailliert diskutiert werden müssen.

6 Referenzen

Die Unterlagen [3], [5] bis [14] sind auf der Website der ILK (www.ilc-online.org) veröffentlicht.

- [1] ILK (Internationale Länderkommission Kerntechnik): "ILK-Stellungnahme zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung", ILK-16, Augsburg, Deutschland, Januar 2004
- [2] Hirschberg, S., Dones, R., Heck, T., Burgherr, P. und Schenler, W.: "Sustainability of Electricity Supply Technologies under German Conditions: A Comparative Evaluation", PSI Report, Würenlingen und Villigen, Schweiz, November 2003
- [3] Kröger, W.: "Bewertung der Nachhaltigkeit heutiger Technologien der Stromerzeugung - Generelles Vorgehen", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [4] NEA (OECD Nuclear Energy Agency): "Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective", OECD, Paris, Frankreich, 2000
- [5] Grunwald, A.: "Der ILK-Ansatz vor dem Hintergrund des integrativen Helmholtz-Nachhaltigkeitskonzeptes", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [6] Voß, A.: "Anmerkungen zum Nachhaltigkeitskonzept der ILK", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [7] Renn, O.: "Stellungnahme zu dem Nachhaltigkeitsansatz der ILK", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [8] Lindauer, E.: "Bewertung der Nachhaltigkeit heutiger Technologien zur Stromerzeugung - Indikatorsätze", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [9] Elsässer, R.F., Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [10] Frieß, H.: "Diskussion der ILK-Stellungnahme zur Nachhaltigkeit verschiedener Energieversorgungssysteme", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005

- [11] Kuckshinrichs, W. und Eich, R.: "Technology Assessment Towards Sustainability: The RedImpact Indicator Set", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [12] Weiß, F.-P.: "Bewertung der Nachhaltigkeit heutiger Technologien zur Stromerzeugung - Aggregation der Indikatoren", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [13] Hirschberg, S.: "Aggregation Approaches for Sustainability Assessment: Total Cost and Multi-Criteria Decision Analysis", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005
- [14] Voß, A.: "Anmerkungen zur Zusammenfassung und Bewertung von Indikatoren im Kontext von Nachhaltigkeitsanalysen", Präsentation ILK-Workshop, Frankfurt, Februar 2005



1. **Prof. Dr. George Apostolakis, USA**
Professor für Kerntechnik und Techniksysteme am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, USA
2. **Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E.h. Adolf Birkhofer, Deutschland**
Geschäftsführer der ISaR Institute for Safety and Reliability GmbH
Lehrstuhl für Reaktordynamik und Reaktorsicherheit der Technischen Universität München
3. **Annick Carnino, Frankreich**
Ehem. Direktorin des Bereichs Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen bei der IAEA
4. **Jean-Claude Chevallon, Frankreich**
Ehem. Vizepräsident „Kerntechnische Stromerzeugung“ bei EDF, Frankreich
5. **Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Dieter Fischer, Deutschland**
Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Ruhr-Universität Bochum
6. **Bo Gustafsson, Schweden**
Vorstandsvorsitzender der SKB International Consultants AB, Schweden
7. **Prof. Dr. rer. nat. habil. Winfried Hacker, Deutschland**
Professor für Psychologie an der Technischen Universität München
Ehem. Professor für Allgemeine Psychologie an der Technischen Universität Dresden
8. **Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kröger, Schweiz**
Inhaber des Lehrstuhls für Sicherheitstechnik und Leiter des Laboratoriums für Sicherheitsanalytik an der ETH Zürich
9. **Dr.-Ing. Erwin Lindauer, Deutschland** (stellvertretender Vorsitzender der ILK)
Ehem. Geschäftsführer der GfS Gesellschaft für Simulatorschulung mbH
Ehem. Geschäftsführer der KSG Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft mbH
10. **Dr. Serge Prêtre, Schweiz** (Vorsitzender der ILK)
Direktor (a.D.) der schweizerischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde HSK (Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen)

- 11. Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos, Deutschland**
 Inhaber des Lehrstuhls für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre der Universität Stuttgart
 Direktor der Staatlichen Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart
- 12. Antero Tamminen, Finnland**
 Ehem. langjähriger Technischer Direktor des KKW Loviisa, Finnland
- 13. Prof. Dr. Frank-Peter Weiß, Deutschland**
 Professor für Anlagensicherheit an der TU Dresden
 Direktor des Instituts für Sicherheitsforschung im Forschungszentrum Rossendorf e.V., Dresden

(Liste in alphabetischer Reihenfolge)

- ILK-01** ILK-Stellungnahme zur Beförderung von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochradioaktiven Abfällen (Juli 2000)
- ILK-02** ILK-Stellungnahme zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen (Juli 2000)
- ILK-03** ILK-Stellungnahme zur Sicherheit der Kernenergienutzung in Deutschland (Juli 2000)
- ILK-04** ILK-Empfehlungen zur Nutzung von Probabilistischen Sicherheitsanalysen im atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren (Mai 2001)
- ILK-05** ILK-Empfehlung zur Förderung der internationalen technisch-wissenschaftlichen Kontakte der deutschen Länderbehörden für nukleare Sicherheit (Oktober 2001)
- ILK-06** ILK-Stellungnahme zum Entwurf vom 5. Juli 2001 der Atomgesetzänderung (Oktober 2001)
- ILK-07** ILK-Stellungnahme zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente (November 2001)
- ILK-08** ILK-Stellungnahme zur möglichen Eignung des Standortes Gorleben als geologisches Endlager für radioaktive Abfälle (Januar 2002)
- ILK-09** ILK-Stellungnahme zu übergeordneten Schlussfolgerungen aus den Ereignissen in KKP 2 in Zusammenhang mit der Revision 2001 (Mai 2002)
- ILK-10** ILK-Stellungnahme zum Umgang mit dem Fragenkatalog der GRS zur „Praxis des Sicherheitsmanagements in den Kernkraftwerken in Deutschland“ (Juli 2002)
- ILK-11** ILK-Empfehlung zur Durchführung von internationalen Überprüfungen im Bereich der nuklearen Sicherheit in Deutschland (September 2002)
- ILK-12** Interner ILK-Bericht zum gezielten Absturz von Passagierflugzeugen auf Kernkraftwerke (März 2003)
- ILK-13** ILK-Stellungnahme zu den EU-Richtlinienvorschlägen zur kerntechnischen Sicherheit und zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (Mai 2003)

- ILK-14** ILK-Stellungnahme zu den Empfehlungen des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) (September 2003)
- ILK-15** ILK-Empfehlung zur Vermeidung von gemeinsam verursachten Ausfällen bei digitalen Schutzsystemen (September 2003)
- ILK-16** ILK-Stellungnahme zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Kernenergie und anderer Technologien zur Stromerzeugung (Januar 2004)
- ILK-17** ILK-Stellungnahme zum Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der Kerntechnik in Deutschland (März 2004)
- ILK-18** ILK-Bericht: Zusammenfassung des 2. Internationalen ILK-Symposiums „Harmonisierung von nuklearen Sicherheitsanforderungen – Eine Chance für mehr Transparenz und Effektivität?“ (Mai 2004)
- ILK-19** ILK-Stellungnahme zum Umgang der Aufsichtsbehörde mit den von den Betreibern durchgeführten Selbstbewertungen der Sicherheitskultur (Januar 2005)
- ILK-20** ILK-Stellungnahme zu Anforderungen bei Betriebstransienten mit unterstelltem Ausfall der Schnellabschaltung (ATWS) (März 2005)
- ILK-21** ILK-Bericht: Zusammenfassung des Internationalen ILK-Workshops "Nachhaltigkeit" (Mai 2005)
- CD mit Vorträgen des ILK-Symposiums „Chancen und Risiken der Kernenergie“ im April 2001
 - Tagungsband mit Vorträgen des 2. ILK-Symposiums „Harmonisierung von nuklearen Sicherheitsanforderungen – Eine Chance für mehr Transparenz und Effektivität?“ im Oktober 2003

Bitte besuchen Sie unsere Homepage <http://www.ilk-online.org>, um den neuesten Stand unserer Veröffentlichungen zu erfahren und die dort angegebenen Empfehlungen und Stellungnahmen herunterzuladen oder kostenfrei zu bestellen.

Für weiterführende Informationen zu den momentan von der ILK bearbeiteten Themen möchten wir Sie auf die Seiten „Beratungsplan“ und „Aktuelles“ unserer Homepage verweisen.

