

Arbeitsbericht

Energieperspektiven Schweiz 2035 / 2050  
Teilprojekt

# **Auswertung des Kompakt-Delphi-Prozesses**

Thesen zur langfristigen Technologieentwicklung für das  
Szenario IV „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“  
- Auswertung des Rücklaufs -

Auftraggeber  
Bundesamt für Energie,  
Bern

Ansprechpartner  
Dr. Almut Kirchner

Mitarbeiter  
Andrea Ley  
Vincent Rits

Basel, 07.02.2006  
31-6192

## **Prognos AG**

**Geschäftsführer**  
Christian Böllhoff

### **Basel**

Aeschenplatz 7  
CH-4010 Basel  
Telefon +41 61 32 73-200  
Telefax +41 61 32 73-300  
info@prognos.com  
www.prognos.com

### **Berlin**

Karl-Liebknecht-Straße 29  
D-10178 Berlin  
Telefon +49 30 52 00 59-200  
Telefax +49 30 52 00 59-201  
info@prognos.com

### **Brüssel**

19-21, Rue du Luxembourg  
B-1000 Brüssel  
Telefon +32 2 513 22 27  
Telefax +32 2 502 77 03  
info@prognos.com

### **Düsseldorf**

Kasernenstraße 36  
D-40213 Düsseldorf  
Telefon +49 211 887 31 31  
Telefax +49 211 887 31 41  
info@prognos.com

### **Bremen**

Wilhelm-Herbst-Straße 5  
D-28359 Bremen  
Telefon +49 421 20 15-784  
Telefax +49 421 20 15-789  
info@prognos.com

## Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b>		<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>2</b>
1.1	Energieperspektiven 2035 / 2050	2
1.2	Motivation für die aktuelle Aufgabenstellung	3
1.3	Vorgehen	4
1.4	Befragte Experten	5
1.5	Bewertung	6
<b>2</b>	<b>Auswertung</b>	<b>8</b>
2.1	Rücklauf	8
2.2	Methodik der Auswertung	9
2.2.1	Einzelauswertung	9
2.2.2	Sektorale Auswertung	11
<b>3</b>	<b>Ergebnisse der Auswertungen</b>	<b>13</b>
3.1	Ergebnisse der Einzelauswertungen	13
3.1.1	Charakterisierung der Verteilungen	13
3.1.2	Verhältnis zwischen Basisauswertung und Expertenauswertung	13
3.2	Ergebnisse der kombinierten Auswertung	14
3.2.1	Grundgesamtheit	14
3.2.2	Sektor Private Haushalte	16
3.2.3	Sektor Dienstleistungen und Landwirtschaft	17
3.2.4	Sektor Industrie	18
3.2.5	Sektor Verkehr	20
3.2.6	Energieerzeugung	21
3.2.7	Gesellschaftliche Entwicklungen	26
<b>Anhang A</b>	<b>Dokumentation der statistischen Ergebnisauswertung</b>	<b>27</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Kenndaten der Verteilungen</b>	<b>53</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Inhaltliche Kommentare zu den Thesen</b>	<b>56</b>

<b>Anhang D</b>	<b>Teilnehmer des Workshops zur Entwicklung der Thesen (21./22.12.2005)</b>	<b>76</b>
<b>Anhang E</b>	<b>Literatur</b>	<b>77</b>

**Abbildungsverzeichnis**

Abb. 2-1: Konvention für die zweidimensionale Darstellung der Thesenbewertungen	12
Abb. 3-1: Basisauswertung Grundgesamtheit	14
Abb. 3-2: Expertenauswertung Grundgesamtheit im Bewertungsdiagramm	15
Abb. 3-3: Ergebnisse der Thesen 1.1 - 1.9 (private Haushalte) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	16
Abb. 3-4: Ergebnisse der Thesen 2.1-2.11 (Dienstleistungen und Landwirtschaft) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	17
Abb. 3-5: Ergebnisse der Thesen 3.1 - 3.16 (Dienstleistungen und Landwirtschaft) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	18
Abb. 3-6: Ergebnisse der Thesen 4.1 - 4.7 (Dienstleistungen und Landwirtschaft) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	20
Abb. 3-7: Ergebnisse der Thesen 5.1 – 5.19 (Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	21
Abb. 3-8: Ergebnisse der Thesen 5.1 – 5.3 (Biotechnologie im Bereich der Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	22
Abb. 3-9: Ergebnisse der Thesen 5.4 – 5.9 (Mikro- und Nanotechnologie im Bereich der Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	23
Abb. 3-10: Ergebnisse der Thesen 5.10 – 5.16 (Brennstoffzellen und Supraleitung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	24
Abb. 3-11: Ergebnisse der Thesen 5.17 – 5.19 (CO <sub>2</sub> -Sequestration und Dezentralität) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	25
Abb. 3-12: Ergebnisse der Thesen 6.1 – 6.9 (gesellschaftliches Umfeld) der Basisauswertung und der Expertenauswertung	26
Abb. A-1: Mustergrafik Basisauswertung, Bew. I	28
Abb. A-2: Mustergrafik Basisauswertung Bewertung II	28
Abb. A-3: Mustergrafik Expertenauswertung Bew. I	29
Abb. A-4: Mustergrafik Expertenauswertung Bewertung II, These 5.8	29

## Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns – auch im Namen des Auftraggebers, des Bundesamtes für Energie – ausdrücklich sowohl bei den Experten des Entwicklungsworkshops als auch bei allen Bearbeitern und Rücksendern des Fragebogens bedanken. Trotz eines sehr kurzen Zeitfensters wurde offenbar viel Zeit, Sorgfalt und Intensität investiert. Die zahlreichen anregenden Kommentare geben uns zusätzliche Einschätzungen aus der Fach-Expertise heraus sowie wertvolle methodische Hinweise.

# 1 Einführung

Das im vorliegenden Arbeitsbericht dokumentierte Projekt ist eine ad hoc aus aktuellen Ergebnissen entstandene Teilaufgabe im Rahmen der schweizerischen „Energieperspektiven 2035 / 2050“, die derzeit im Auftrag des Bundesamts für Energie erarbeitet werden.

An dieser Stelle soll eine sehr kurze Einführung in den Hintergrund der Fragestellung gegeben werden. Um dies nicht ausseren zu lassen, verweisen wir auf die Homepage des Projekts beim Bundesamt für Energie: [www.energie-perspektiven.ch](http://www.energie-perspektiven.ch)

## 1.1 Energieperspektiven 2035 / 2050

Für die „Energieperspektiven für die Schweiz“ wird ein Fächer von verschiedenen Szenarien des schweizerischen Energiesystems (Nachfrage und Angebot) gestützt auf bottom-up-Modelle mit einem Zeithorizont bis 2035 erarbeitet. Die Modellierung erfolgt zunächst getrennt nach den Sektoren private Haushalte, Dienstleistungen / Landwirtschaft, Industrie, Verkehr auf der Nachfrageseite und mit einem Kraftwerkparkmodell auf der Seite des Stromangebots. Die Bottom-up-Modellierung bildet die einzelnen Aspekte des Energieverbrauchs sehr detailliert mit ihren Lebenszyklen und Trägheiten ab (z.B. Gebäude- und Fahrzeugparks, Produktionsanlagen).

Die Szenarien werden in folgende Klassen nach Rahmenbedingungen bzw. Zielen eingeteilt:

### I „Energiepolitik wie bisher“

Positive Trends verstärken.

### II „Verstärkte Zusammenarbeit“

zwischen Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, neue Instrumente der Förderung von Energieeffizienz.

### III „Neue Prioritäten“

Anspruchsvolle Zielsetzungen für die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen, für die Entwicklung des pro-Kopf-Energieverbrauchs, Anteile von Erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung, der Elektrizitätserzeugung und den Treibstoffen.

### IV „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“

Verschärfte Zielsetzungen für die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen, für die Entwicklung des pro-Kopf-Energieverbrauchs, Vorgaben für Anteile von Erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung, der Elektrizitätserzeugung und den Treibstoffen.

In den Szenarien I und II werden politische Rahmenbedingungen und energiepolitische Instrumente vorgegeben und modellgestützt ex-ante-evaluiert, um daraus ein Gesamtbild über Nachfrage und Energiemix abzuleiten. Die Szenarien III und IV sind so genannte „Zielszenarien“, bei denen aus den Zielen mögliche Massnahmen auf Energieverbrauchs- und Erzeugungsebene abgeleitet werden und in einem zweiten Schritt die Eingriffstiefe benötigter (energie)politischer Instrumente abgeschätzt wird.

Diese Szenarienklassen werden mit verschiedenen Sensitivitätsrechnungen, in denen Rahmenparameter variiert werden, auf ihre Robustheit hin überprüft (und abgesichert). Ausserdem werden unterschiedliche Strategien zur Deckung der Elektrizitätsnachfrage und zur Gestaltung des Schweizerischen Kraftwerksparks modelliert. Nähere Informationen zu diesen Arbeiten finden sich auf der Homepage des Projekts [www.energieperspektiven.ch](http://www.energieperspektiven.ch)

An das Szenario IV wird sich eine sog. „Vision 2050“ anschliessen, die die Idee der „2000-Watt-Gesellschaft“ illustrativ umsetzen und auf ihre Machbarkeit hin modellgestützt überprüfen soll. Die „2000-Watt-Gesellschaft“ bedeutet eine gegenüber heute dramatisch und umfassend erhöhte Energie- und Materialeffizienz. Die pro-Kopf-Energieverbräuche (incl. Grauer Energie, Transport und Mobilität) werden je nach Rechnung um einen Faktor Drei bis Vier verringert werden müssen.

## 1.2 Motivation für die aktuelle Aufgabenstellung

Das Szenario IV mit seinen Zielsetzungen zur Vision der „2000-Watt-Gesellschaft“ in 2050 erfordert eine neue und sorgfältige Betrachtung der umgebenden Technologiewelten und auch der Einbindung der Schweiz in ein globales sozioökonomisches Umfeld.

Die energetischen Auswirkungen der Szenarienrechnungen I und II sowie der Einsparpotenziale durch eine „best-practice“-Strategie in Szenario III haben als Ergebnis den eindeutigen Hinweis auf folgenden Sachverhalt erbracht: Mit den bisher bekannten konventionellen Technologien und Lebensentwürfen, die entlang der bestehenden Gebäude-, Fahrzeug-, Geräte- und Produktionsparks in das Jahr 2035 fortgeschrieben werden, sind Ziele wie 35% Reduktion des pro-Kopf-Energie-Verbrauchs und ambitionierte Ziele bezüglich der Anteile der Erneuerbaren Energien nicht erreichbar. Es sei denn, Einschränkungen der Mengenkomponenten oder strandend investments in grösserem Stil werden zugelassen bzw. in Kauf genommen. Die Arbeiten sind methodisch so angelegt, dass solche „radikalen“ Optionen jedoch erst nach Ausschöpfung aller anderen (insbesondere technologischen) Möglichkeiten in Betracht gezogen werden.

Es existiert einige Literatur, die sich diesem Problem mit Vorstellungen über Technologieentwicklungen nähert. Z. T. sind es Arbeiten über die 2000-Watt-Gesellschaft selbst (z.B. Jochem 2005), z. T. handelt es sich dabei um Szenarienentwürfe von Firmen (Siemens, Shell) oder (halb-) staatlichen Institutionen (EuRenDel, DOE, European Energy and Transport Report).

Um für Szenario IV einen einigermaßen konsistenten technologischen (und sozialen) Rahmen zu schaffen, werden insbesondere die Entwicklungen und Potenziale bei den „neuen Schlüsseltechnologien“ auf ihre Möglichkeiten zur Verringerung des Energieverbrauchs (und ggf. zur Verbesserung der Nutzung Erneuerbarer Energien) hin untersucht.

Ziel ist es in diesem Fall nicht, eine „wahrscheinliche Prognose“ anzustreben, sondern die Möglichkeiten einer starken Veränderung des derzeitigen Technologiepfades unter klaren Vorgaben von Energie- und Materialeffizienz aufzuzeigen. Bereits jetzt sichtbare Entwicklungen (wie z.B. verstärkte Überwachung und Verfolgung nicht nur des öffentlichen, sondern auch des privaten Lebens) werden dabei nicht vernachlässigt.

Der Charakter der abgeleiteten Aussagen ist zum Teil durchaus spekulativ, da es um das Ausloten der Möglichkeiten geht, die noch im Entwicklungsstadium befindliche neue Technologien beinhalten.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass sich eine solche Entwicklung in einem globalen Umfeld abspielt, in dem Klimaschutz- und Ressourcenfragen eine hohe weltpolitische Priorität haben und entsprechende durchaus (völkerrechtlich und national) verbindliche Politiken existieren. („Kein schweizerischer Alleingang“.) Dies bedeutet auch einen entsprechend gerichteten technologischen Fortschritt, den man zunächst durchaus als optimistisch betrachten kann.

Die Szenarien werden nicht im „luftleeren Raum“ entwickelt, sondern sollen insbesondere als Teil der Energieperspektiven nach Abschluss die Grundlage für einen breit angelegten gesellschaftlichen Diskussionsprozess bilden. Daher wurde der methodische Weg gewählt, die spekulativeren (technologischen wie gesellschaftlichen) Anteile des Szenarios in einer Expertenbefragung im Sinne eines Wahrscheinlichkeitsmasses für Akzeptanz und Vorstellbarkeit für eine „innere Fachöffentlichkeit“ zur Diskussion zu stellen.

Der hierfür entwickelte Satz von Aussagen hat nicht den Charakter eines vollständigen Szenariorahmens, aber er bildet einen (wichtigen) „Weltausschnitt“, nämlich einen technologischen, ab. Gesellschaftliche, geopolitische und ökonomische Fragestellungen werden im Entwurf des Gesamt-Szenarios sehr wohl betrachtet und diskutiert, waren jedoch nicht Gegenstand der hier vorliegenden Validierungsfragestellung, um diese nicht zu überfrachten.

## 1.3 Vorgehen

Auf Basis ausführlicher Literatur-Recherchen sowie vorhandener fachlicher Einschätzungen von Energie-, Modell- und Technologieexperten wurden die Auswirkungen der Schlüsseltechnologien

- Informations- und Kommunikationstechnologie (incl. Opto-Elektronik)
- Biotechnologie incl. Bionik (und ggf. Neuroelektronik)
- Mikrotechnologie incl. mikrominiaturisierter Produktionstechnologie
- Nanotechnologie, insbesondere in Bezug auf Werkstoffe
- neue Energieumwandlungstechnologien
- Supraleitung

auf die Sektoren und ihre Energieverbrauchstatbestände hin untersucht.

Hiermit wurde in einer Expertenklausur der vorliegende Satz von Thesen über eine mögliche „2000-Watt-Welt“ entwickelt, der als Grundlage in die Modellrechnungen einfließen soll.

Die Thesen wurden bewusst ungeordnet zusammen gestellt, damit sie assoziationsanregend wirken können.

Teilweise wurden sie scheinbar widersprüchlich (liegen als These und Gegenthese vor) formuliert, damit das Gesamtbild geschärft werden kann. Auch „Negativthesen“ (also solche, die durchaus von den Bearbeitern für eher unwahrscheinlich oder wenig zielführend gehalten werden) wurden zur Validierung des Bildes formuliert.

Neben recht konkreten energie- und sektorbezogenen technologischen Thesen wurden auch „Schlaglichter“ auf eher periphere Lebensbereiche und deren Funktionalität in der „Neuen Technologiewelt“, wie z.B. Oberflächengestaltungen und Reinigungsprozesse, formuliert. Diese dienen der Illustration und der Anregung zum Weiterdenken und Assoziieren der Tatsache, dass Schlüsseltechnologien Auswirkungen auf die gesamte Lebenswelt und nicht lediglich auf einige (energieverbrauchende oder –produzierende) Bereiche haben werden. Als Beispiel mag hier die mobile Kommunikation angeführt werden, die nicht nur geschäftliche und notfallbezogene Kommunikationsprozesse vereinfacht und beschleunigt hat, sondern tief greifende soziale Veränderungen zur Folge hat (von Angst vor Elektrosmog über neue Verabredungskulturen bis hin zu verstärkten Überwachungsmöglichkeiten).

Dieser Thesensatz wurde einer Gruppe von Experten im Sinne eines Wahrscheinlichkeitsmasses zur Bewertung vorgelegt.

## **1.4 Befragte Experten**

Zur Befragung wurden Experten aus den Feldern

- Energietechnik (in Forschung, Umsetzung und Verwaltung)
- Energieforschung
- Technologieforschung und -entwicklung
- Energiepolitik (sowohl Politiker als auch Ministerien bzw. Ämter, auf staatlicher und kantonaler bzw. Bundesländerebene)
- Energiewirtschaft
- gesellschaftliche Entwicklung

etwa zu gleichen Teilen aus der Schweiz und aus Deutschland angeschrieben.

Diese Experten decken einen weiten Bereich von „praktischem Realitätsbezug“, insbesondere aus der Umsetzung schweizerischer Energiepolitik, bis zur universitären oder unternehmerischen Innovationsentwicklung ab.

Da davon ausgegangen werden konnte, dass jeder der befragten Experten

- auch ein Experte für ein Spezialgebiet ist,

- einen ganz spezifischen Blick auf Entwicklungen, Thesen und Probleme einbringt,

wurde die Möglichkeit eröffnet, zu jeder These kurze Bemerkungen anzubringen. Ausserdem wurde die Möglichkeit gegeben, zum Schluss weitere Thesen und ggf. allgemeine Bemerkungen zu formulieren.

Die Experten wurden eingeladen, ihr Spezialgebiet zu klassifizieren, um die Möglichkeit einer weiter spezifizierten Auswertung zu eröffnen.

## 1.5 Bewertung

Die Bewertung der Thesen sollte unter zwei gewichteten Kriterien auf einer fünfstufigen Bewertungsskala erfolgen:

### I Möglichkeit

Wird eine solche (technologische) Entwicklung angesichts der jetzigen Optionen als denkbar und grundsätzlich möglich eingeschätzt?

- gar nicht
- wahrscheinlich nicht
- nicht zu beurteilen
- bedingt wahrscheinlich
- sehr wahrscheinlich

### II Zielführung

Wird diese spezifische Entwicklung und Ausprägung der Technologie unter einem Druck zur Energie- und Materialeffizienz im Sinne der „2000-Watt-Gesellschaft“ als zielführend eingeschätzt?

- völlig kontraproduktiv
- eventuell kontraproduktiv
- neutral
- bedingt zielführend
- sehr zielführend

Einige Thesen sind insbesondere unter dem Kriterium II schwer oder nicht zu bewerten. Es wurde anheim gestellt, diese Felder dann vollständig offen zu lassen.

Grundsätzlich sollte es jedoch auch möglich sein, scheinbar widersprüchliche Bewertungskombinationen zu erzeugen, wie eine Bewertung I „gar nicht möglich“ und Bewertung II „sehr zielführend“ abzugeben. Die hieraus ableitbaren Aussagen liefern eine Eingrenzung der Wahrscheinlichkeitskorridore für die Realisierbarkeit eines solch anspruchsvollen Szenarios.

## 2 Auswertung

Die kompakte Expertenumfrage zur Wahrscheinlichkeitsbewertung von Thesen zur gerichteten Entwicklung der Zukunftstechnologien mit Ziel auf eine energie- und materialeffiziente 2000-Watt-Gesellschaft hat innerhalb kurzer Zeit (5 Tage incl. Wochenende) einen Rücklauf von 28 % erbracht. Weitere valide ausgefüllte Fragebögen gingen in der folgenden Woche ein. In die hier vorliegende Auswertung gingen die validen Rückläufer ein.

Für die Bewertungsfragestellungen wurde jeweils eine fünfstufige diskrete Skala angeboten.

Ogleich manche Thesen in der Gesamtformulierung durchaus kompliziert waren und gelegentlich insbesondere bei der Kombination der Bewertungen I und II Interpretationen möglich waren, wurden von den Bearbeitern durchwegs pragmatische Lösungen gefunden.

Im Fragebogen wurde ausserdem die Möglichkeit angeboten, Bemerkungen zu den einzelnen Thesen oder den jeweiligen Einschätzungen sowie abschliessende allgemeine Bemerkungen zu formulieren. Von dieser Möglichkeit wurde durchweg in sehr konstruktiver Weise Gebrauch gemacht, so dass sich durch diese Ergänzungen das Bild des Szenarios insgesamt abrundet. Einige Bemerkungen enthielten wertvolle methodische Hinweise für die Durchführung eines möglichen nächsten Prozesses.

Die Thesen werden im Anhang A im einzelnen genannt.

Dieser Arbeitsbericht dokumentiert die Ergebnisse der Auswertung.

### 2.1 Rücklauf

Von den Rückläufern stammt die Hälfte aus dem Experten-Umkreis der Schweizerischen Energie-Perspektiven:

- Technologie-Experten des BFE,
- Mitglieder der Arbeitsgruppe Energieperspektiven,
- Modellexperten der Energieperspektiven
- beigezogene Experten der ad-hoc-Arbeitsgruppen,
- Mitglieder der Energieforschungskommission.

Die übrigen antwortenden Experten stammen aus folgenden institutionellen Zusammenhängen:

- Club of Rome Deutschland
- Deutsches Landesbau- und Umweltministerium
- Organisationsberatung, Spezialist für gesellschaftliche Innovationen
- Energiepolitik
- Energiehandelsunternehmen
- Energiewirtschaft
- ETH Zürich, Biotechnologie

- Lehrstuhl für Umwelttechnologie
- Technologiekonzern, Zukunfts-Energiotechnologien
- Technologiekonzern, CO<sub>2</sub>-Handel
- Konsumgüterkonzern, IT-Security-Spezialist
- Spezialist Energiemarkt Prognos AG
- Spezialist Energieeffizienz Prognos AG.

Für die einzelnen Bereiche haben sich die Experten wie folgt zugeordnet (Mehrfachnennungen waren möglich):

- Sektor Private Haushalte	11
- Sektor Dienstleistungen / Landwirtschaft	7
- Sektor Industrie	7
- Sektor Verkehr	4
- Nano- und Mikrotechnologie	3
- Biotechnologie	2
- Informations- und Kommunikationstechnologie	4
- Produktionstechnologie	3
- Energietechnologie	15
- gesamtgesellschaftliche Fragen	10
- sonstige	6

Die Nennungen unter „Sonstige“ umfassen die Punkte Technikbewertung, Energiemarkt, Energiepreise, Marktöffnung Elektrizität und Gas, nationale und internationale Energiepolitik, Politik, Energiehandel.

## 2.2 Methodik der Auswertung

Die Thesen, die im Fragebogen bewusst ungeordnet waren, wurden sortiert, nach Sektoren und Technologien geordnet und nummeriert. Diese Nummerierung wird im folgenden zur Bezeichnung der Thesen verwendet. Sie ist – mit der Einzelauswertung – im Anhang A dokumentiert.

### 2.2.1 Einzelauswertung

Die Bewertungen der Thesen wurden zunächst mit statistischen Standardverfahren aufbereitet:

Die Bewertungsskalen wurden mit Zahlenwerten von 1 bis 5 belegt (diese Skala ist reine Konvention und der Praktikabilität der Datenhandhabung geschuldet ; genauso gut wäre -2 bis 2 möglich gewesen):

**Bewertung I: Möglichkeit**

- 1 gar nicht möglich
- 2 wahrscheinlich nicht
- 3 nicht zu beurteilen
- 4 bedingt wahrscheinlich
- 5 sehr wahrscheinlich

**Bewertung II Zielführung**

- 1 völlig kontraproduktiv
- 2 eventuell kontraproduktiv
- 3 neutral
- 4 bedingt zielführend
- 5 sehr zielführend

Mit Hilfe dieser numerischen Bewertung wurde ein Rohdatensatz über alle Bewertungen erzeugt, aus dem jeweils die Verteilung der Häufigkeit der Antworten je These und Bewertungskriterium ermittelt wurde. Diese Verteilung ist zunächst durch ihren Mittelwert und die Standardabweichung als ein Mass für die „Schärfe“ bzw. Streubreite charakterisiert. Aus Gründen der Vollständigkeit wurde auch der Median ermittelt. Es zeigte sich allerdings, dass dieser niemals stärker als 0.5 vom Mittelwert abwich und somit praktisch keine zusätzliche Information liefert. Die Auswertung über den gesamten Datensatz wird im folgenden als „**Basisauswertung**“ bezeichnet.

In einem zweiten Schritt wurde der Rohdatensatz zu einer „**Expertenauswertung**“ disaggregiert: Hierfür wurden den einzelnen Bearbeitern nur diejenigen Fragen zugeordnet, die sich auf ihre angegebenen Spezialgebiete bezogen. Damit verkleinert sich die Stichprobe – je nach Frage ist sie unterschiedlich gross –, es ergibt sich aber die Chance auf eine Schärfung der jeweiligen Aussagen durch das höhere „Expertengewicht“ und ggf. einen interessanten Vergleich mit den Ergebnissen der „Basisauswertung“. Über diesen Expertendatensatz wurde in gleicher Weise die statistische Auswertung mit Ermittlung der Verteilungen und ihrer Charakteristiken gelegt. Bei den Ergebnissen ist allerdings zu berücksichtigen, dass z. T. die Stichprobe bereits sehr klein ist, und damit die Aussagen möglicherweise an Repräsentativität und Signifikanz verlieren können.

Die Ergebnisse der beiden Auswertungen sind im Anhang A dokumentiert. Zur leichteren Interpretierbarkeit werden die Verteilungen der Antworten in der grafischen Form und zur besseren Erfassbarkeit der Prinzipien in stark reduzierter Form dargestellt. Eine Erläuterung dieser Form ist dem Anhang A vorangestellt.

## 2.2.2 Sektorale Auswertung

Aus den Ergebnissen der Einzelauswertungen wurden die Thesen – nach Sektoren bzw. Fragenbereichen sortiert, z. T. zur besseren Interpretierbarkeit noch weiter disaggregiert – in der zweidimensionalen Fläche, die durch die beiden Bewertungskriterien aufgespannt wird, verortet. Hierfür wurde die folgende Darstellungskonvention gewählt (vgl. Abb. 3-1):

Die Bewertung I „möglich“ wird auf der x-Achse aufgetragen, die Bewertung II „zielführend“ wird auf der y-Achse aufgetragen, die numerischen Bewertungen laufen gem. der Beschreibungen in Kap. 3.1 jeweils von 1 bis 5. Die neutrale Position mit dem numerischen Wert 3 liegt in der Mitte des Diagramms.

Damit lassen sich die Quadranten wie folgt charakterisieren und interpretieren.

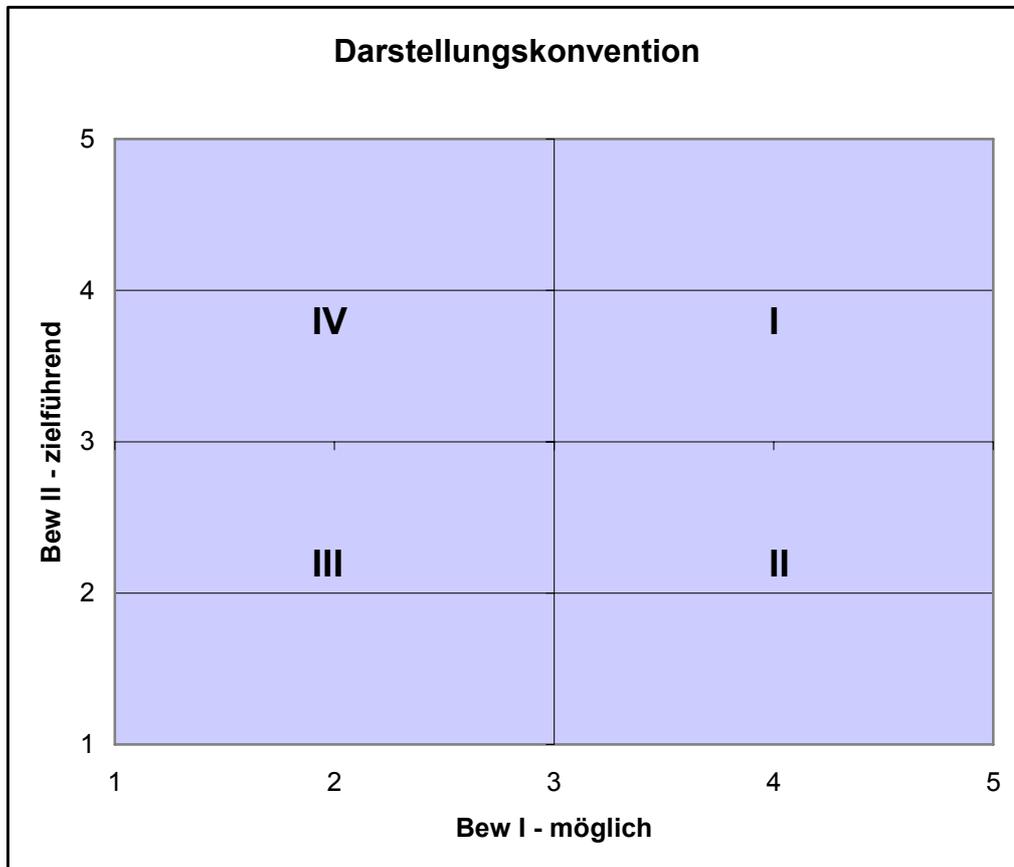
**Quadrant I:** Denjenigen Thesen, die in diesem Quadranten verortet sind, werden im Mittel von den antwortenden Experten die Bewertungen „im Grundsatz möglich und im Grundsatz zielführend“ zugeschrieben (mit den jeweiligen Differenzierungen, die die Skala zulässt). Sie sind somit geeignete Kandidaten für ein Effizienzscenario IV.

**Quadrant II:** Denjenigen Thesen, die in diesem Quadranten verortet sind, wird von den Experten die Bewertung „grundsätzlich möglich und im Grundsatz nicht zielführend“ – ebenfalls mit entsprechenden Differenzierungen – zugeschrieben. Hier wäre ggf. zu diskutieren, ob für die Realisierung eines extremen Effizienz-Szenarios gegensteuernde politische Massnahmen unterstellt werden sollen.

**Quadrant III:** Diesen Thesen wird von den Bearbeitern weder die Möglichkeit noch ein Beitrag zur Zielerreichung attestiert.

**Quadrant IV:** Die Bewertung zu Thesen in diesem Quadranten sagt aus: „nicht wahrscheinlich, aber wenn es das gäbe, könnte es zum Ziel einer Effizienzgesellschaft beitragen“. Unter dem Aspekt des Szenario IV kann sich daraus in technischen Fragen ein gezielter Forschungs- und Entwicklungsbedarf oder in gesellschaftlichen Fragen eine Anforderung an die Herstellung eines gesellschaftlichen Konsenses ergeben.

Abb. 2-1: Konvention für die zweidimensionale Darstellung der Thesenbewertungen



In die Darstellung werden jeweils in unterschiedlichen Symbolen die Ergebnisse der Basisauswertung sowie der Expertenauswertung eingetragen und korreliert.

## 3 Ergebnisse der Auswertungen

### 3.1 Ergebnisse der Einzelauswertungen

Die Häufigkeitsverteilungen der Bewertungen sind nach Thesen in Anhang A im einzelnen dokumentiert. Eine Zusammenfassung der numerischen Kenngrößen Mittelwert und Standardabweichung der beiden Bewertungsdimensionen sowie die Zahl der in die Expertenauswertung eingeflossenen Antworten ist in Anhang B aufgeführt. Die Kommentare zu den Thesen sind in Anhang C dokumentiert.

#### 3.1.1 Charakterisierung der Verteilungen

Grundsätzlich lassen sich in dieser Auswertung drei Arten von Häufigkeitsverteilungen unterscheiden:

- (i) **Scharfe Verteilungen:** Beispiel These 1.1. Die Standardabweichung liegt (deutlich) unter 1. Diese Form der Verteilung weist auf einen hohen Grad an Übereinstimmung unter den Experten hin. Diese Art von scharfer Verteilung findet sich bei der Bewertung I bei den Thesen 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2.5, 2.11, 3.1, 3.4, 3.7, 3.13, 4.1, 5.18, 6.1, 6.6.
- (ii) **Unschärfe Verteilungen:** Beispiel These 2.7. Die Standardabweichung liegt etwa zwischen 1.0 und 1.2. Diese Form der Verteilung findet sich bei den Bewertungen zu den weitaus meisten Thesen. Die Meinungen der Experten streuen und sind durchaus nicht eindeutig, die Verteilung weist aber i.a. ein Maximum auf.
- (iii) **Kontroverse:** Beispiel These 2.4: Die Verteilung weist deutlich zwei Hauptmaxima oder ein Haupt- und ein Nebenmaximum rechts und links der neutralen Position auf. Die Standardabweichung ist grösser als 1.2. Hier sind die Einschätzungen der Experten über die Bewertung der zukünftigen Entwicklung diametral entgegengesetzt. Die Thesen mit dieser Charakteristik werden nochmals diskutiert werden müssen, bevor sie im Szenario verwendet werden können. Diese Art von Verteilung findet sich (in den Bewertungen I oder II) in folgenden Thesen: 2.4, 2.9, 3.5, 4.2, 4.3, 5.2, 5.8, 5.10, 5.11, 5.13, 5.15, 6.2, 6.7.

#### 3.1.2 Verhältnis zwischen Basisauswertung und Expertenauswertung

In den weitaus meisten Fällen sind die Verteilungen der Expertenauswertungen denjenigen der Basisauswertungen sehr ähnlich. Dies zeigt sich deutlich an der Tatsache, dass die Mittelwerte der Verteilungen der Expertenauswertung immer innerhalb der Standardabweichung der Basisauswertung liegen. Die deutlich grössten Abweichungen der Expertenmeinungen von der Basisauswertung finden sich bei den Thesen 1.4 (Lotus-Effekt im Sektor PHH) sowie 4.2 (automatisierte und individualisierte Mobilitätsberatung), bei der die Einschätzung der Möglichkeit „die Seite wechselt“: Der Mittelwert der Experten liegt deutlich auf der Seite der unterstellten Machbarkeit, während der Mittelwert der Basis-

auswertung die Aussage „eher unwahrscheinlich“ stützt. Insgesamt zeigt sich bei den Expertenauswertungen nur in wenigen Fällen eine deutliche „Schärfung“ – numerisch angezeigt durch eine Verschiebung des Mittelwertes von der neutralen Position fort oder einer deutlichen Verringerung der Standardabweichungen beider Bewertungen oder beides. Die Fälle, in denen dies auftritt, sind zumeist diejenigen, in denen die Zahl der in die Expertenauswertung einbezogenen Antworten kleiner als 7 ist.

## 3.2 Ergebnisse der kombinierten Auswertung

### 3.2.1 Grundgesamtheit

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Verortung der Mittelwerte sämtlicher Thesen im zweidimensionalen Bewertungsdiagramm:

Abb. 3-1: Basisauswertung Grundgesamtheit

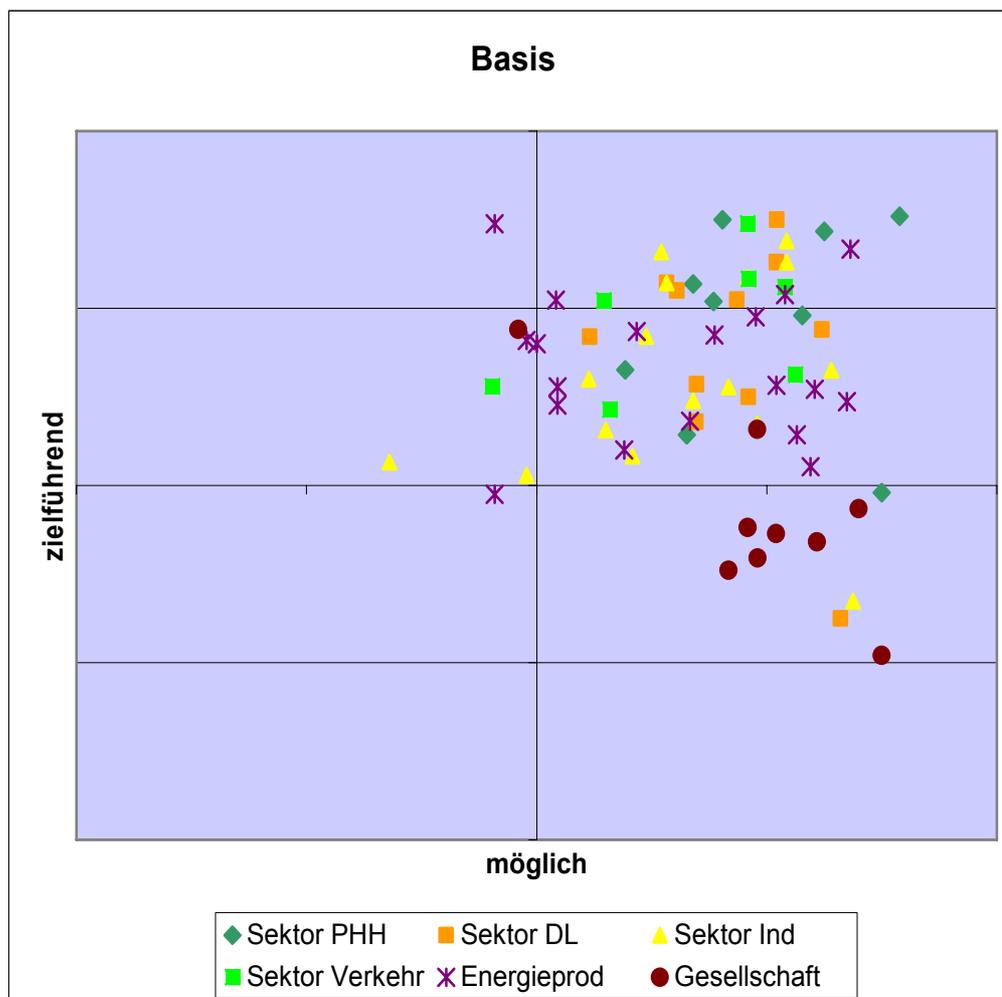
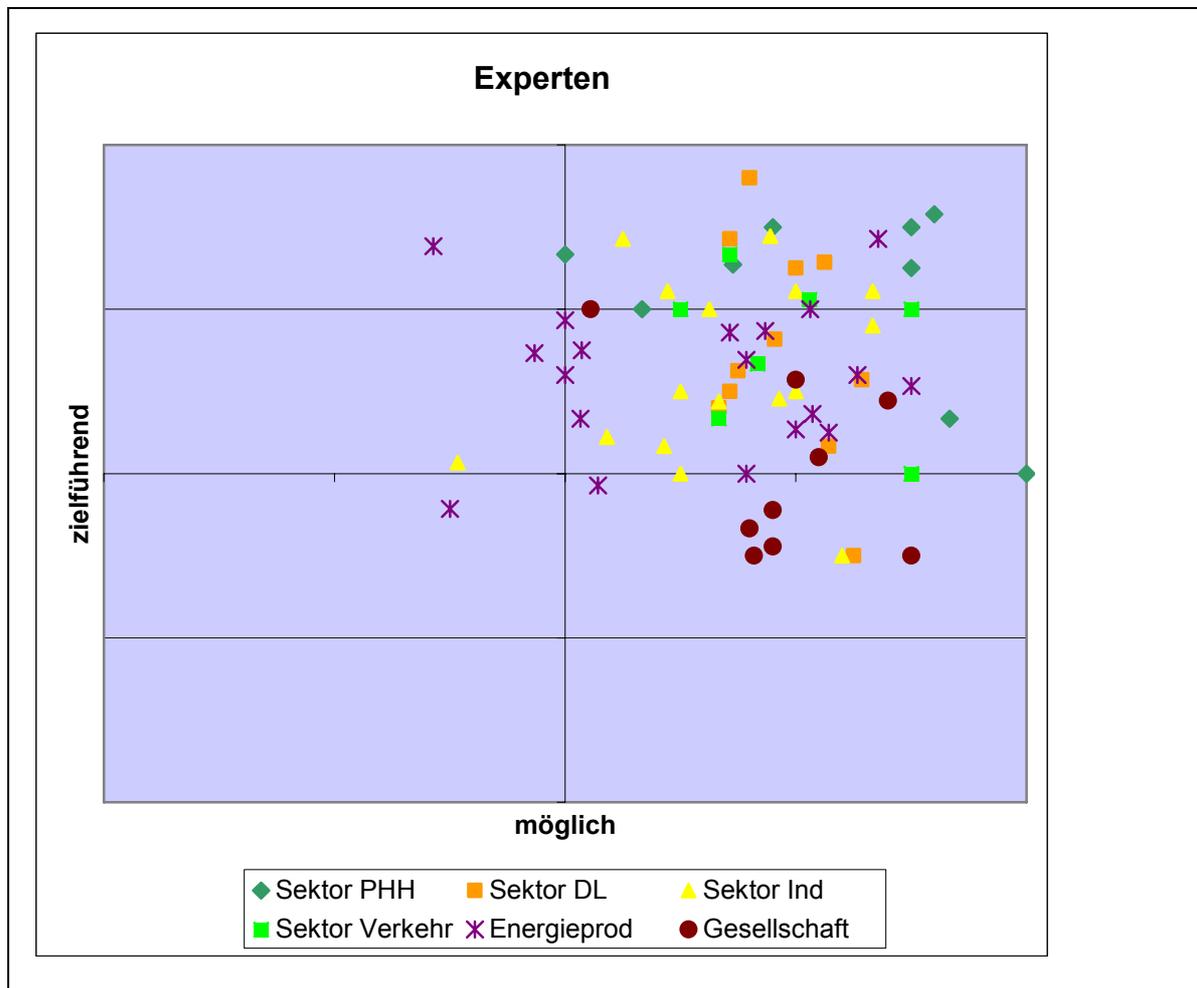


Abb. 3-2: Expertenauswertung Grundgesamtheit im Bewertungsdiagramm



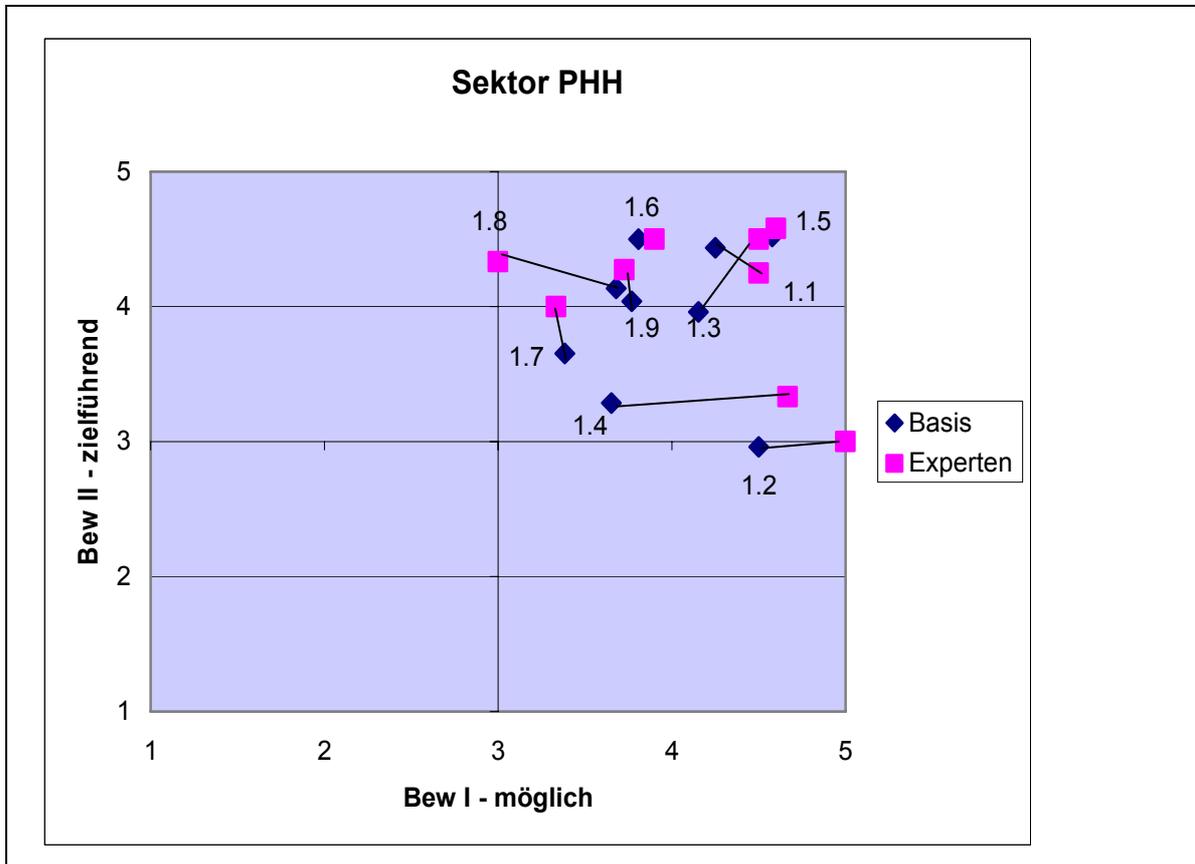
Auf den ersten Blick zeigt sich zunächst eine diffuse Verteilung der beiden Punktwolken mit deutlichem Schwerpunkt im Quadranten I. Dies bedeutet, dass der weitaus grösste Teil der abgefragten Zukunftsentwicklungen als wahrscheinlich und auch zielführend eingeschätzt wird. Dies gilt insbesondere für die Nachfragesektoren Private Haushalte, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr. Auffällig ist die Häufung von Einschätzungen aus dem Bereich der gesellschaftlichen Entwicklungen im Quadranten II. Hier werden also zahlreiche wahrscheinliche Entwicklungen als kontraproduktiv für eine Effizienzgesellschaft bewertet.

Auf den ersten Blick unterscheiden sich die Punktwolken der Basisauswertung und der Expertenauswertung nicht wesentlich voneinander, was die unter 4.1 getroffene Aussage über die der Verteilungen zu den Einzelaussagen und -bewertungen illustriert.

Im Folgenden werden die Daten in sektoraler oder noch stärkerer Disaggregation korreliert dargestellt und beschrieben.

### 3.2.2 Sektor Private Haushalte

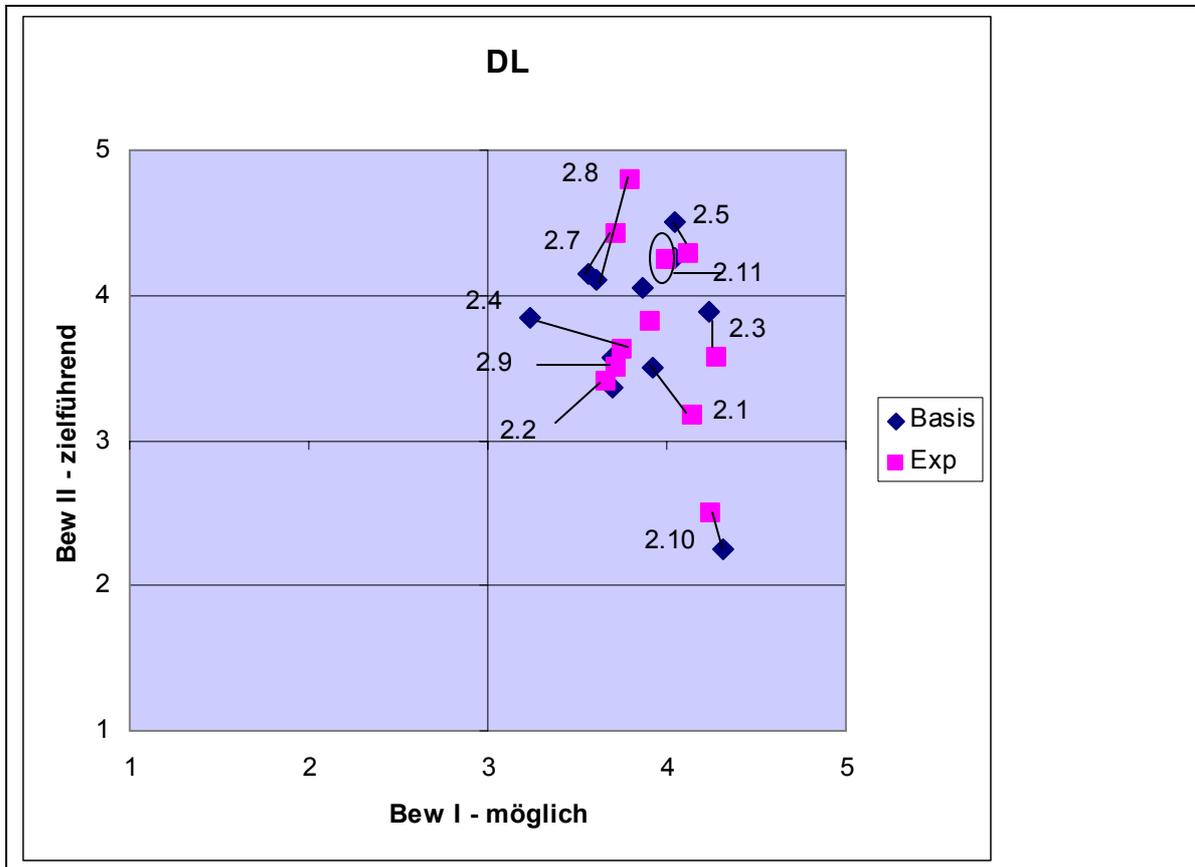
Abb. 3-3: Ergebnisse der Thesen 1.1 - 1.9 (private Haushalte) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



Die Aussagen 1.1 (IT-gestützte Steuerung von Gebäudeheizung und –kühlung), 1.3 (automatisierter und in Echtzeit getätigter Stromeinkauf), 1.5. (energetischer Effekt bei Beleuchtung), 1.6 (Vakuumdämmung) und 1.9 (automatische Verschattung von Fensterglas) liegen deutlich im Bereich der kombinierten Aussagen „möglich und zielführend“. Bezüglich der Möglichkeit sind bei These 1.8 (wasser- und energiearme Reinigung von Funktionstextilien) die Experten skeptischer als die Grundgesamtheit. Wie in Kap. 3.1.2 ausgeführt, liegen die Abweichungen jedoch innerhalb des Bereichs der Standardabweichung. These 1.2 (Auswirkungen der Vernetzung auf die Mobilität) wird insgesamt als wahrscheinlich eingeschätzt, die Auswirkungen auf die Effizienzgesellschaft jedoch als neutral. These 1.4 (Lotuseffekt bei Oberflächen) wird ebenfalls von den Experten als wahrscheinlicher eingestuft als von der Grundgesamtheit und bildet damit eine eher lebensweltliche Illustration einer Effizienztechnologie-Gesellschaft, die Einschätzung zur Zielführung ist jedoch nur leicht positiv.

### 3.2.3 Sektor Dienstleistungen und Landwirtschaft

Abb. 3-4: Ergebnisse der Thesen 2.1-2.11 (Dienstleistungen und Landwirtschaft) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



Auch in diesem Sektor liegt der grösste Teil der Bewertungen im Bereich des Möglichen UND Zielführenden. Hierzu gehören die Aussagen 2.1 (Verschiebung der Arbeitsplatzflächen in den PHH-Bereich durch virtuelle Arbeitsplätze), 2.2 (Verstetigung der zeitlichen Nutzung von Flächen durch räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Arbeit), 2.3 (20% Flächeneinsparung durch virtuelle Arbeitsplätze), 2.5 (schaltbare Beschichtungen von Fenstergläsern), 2.6 (Reduzierung des Energiebedarfs bei Rechnern durch optoelektronische Bauteile), 2.7 (Visoren ersetzen Bildschirme), 2.9 (Abnahme der Hospitalisierungsrate durch massgeschneiderte Behandlungskonzepte) und 2.11 (massgeschneiderte Produktion durch biogene Brenn- und Treibstoffe).

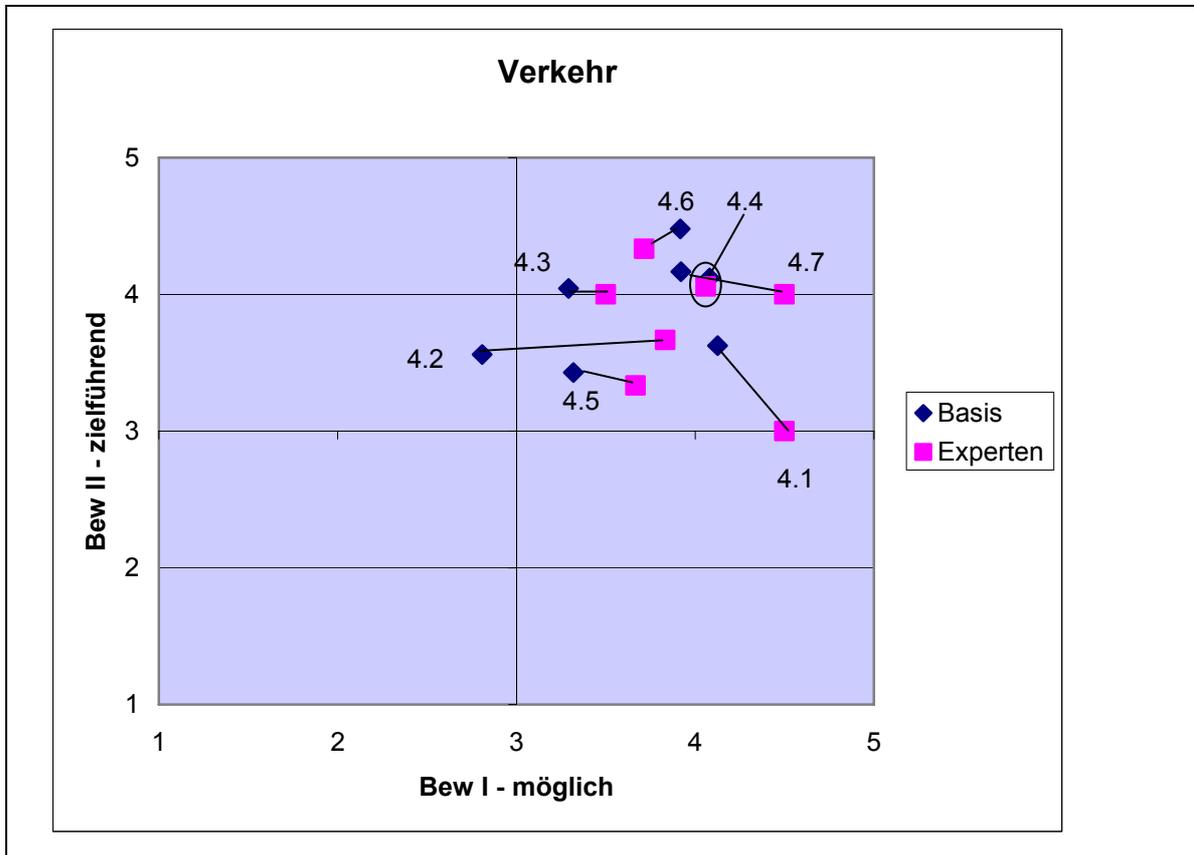
Die stärksten Differenzen zwischen der Basisauswertung und der Expertenauswertung zeigen sich bei der kontroversen Aussagen 2.4 (papierloses Büro) und 2.8 (Reduzierung des Energiebedarfs im medizinischen Bereich). Im Bereich des Wahrscheinlichen, aber Kontraproduktiven wird die These 2.10 (insgesamt steigender Energiebedarf für IT) gesehen.



Grössere Disparitäten zwischen Basisauswertung und Expertenauswertung sowie der Breite der entsprechenden Verteilungen zeigen die Thesen 3.3 (Struktureffekt), 3.5 (Ersatz von Stahl, kontroverse Verteilung), 3.6 (katalytische Prozesse, sehr breite Verteilung), 3.9 (Entwicklung der Spezialitätenchemie), 3.14 (biotechnologische Verfahren, breite Verteilung). Hier kann zunächst nicht ad hoc entschieden werden, ob und in welcher Art die Aussagen der Thesen in die Entwicklung von Szenario IV integriert werden können. Ggf. wird die nächste Runde der Auswertung hier unterstützend wirken.

### 3.2.5 Sektor Verkehr

Abb. 3-6: Ergebnisse der Thesen 4.1 - 4.7 (Dienstleistungen und Landwirtschaft) der Basisauswertung und der Expertenauswertung

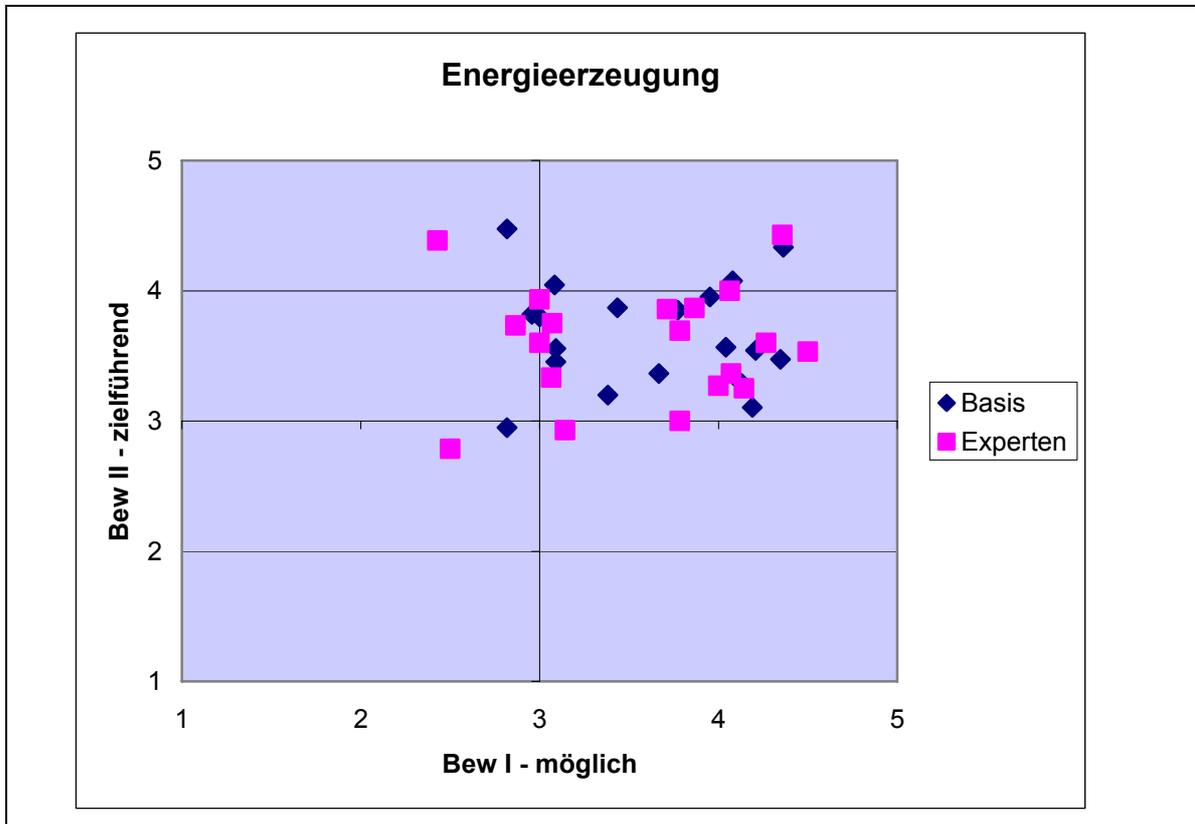


Eindeutig im Bereich „möglich und zielführend“ liegen die Thesen 4.4 (Lastmanagement durch pricing), 4.6 (Leichtbauwerkstoffe) und 4.7 (Reifenoptimierung). Auf etwas mehr Skepsis bezüglich der Zielführung trifft These 4.1 (Verkehrsflussoptimierung durch luK), geringere Realisierungseinschätzungen ergeben sich bei 4.2 (luK-unterstützte individuelle Mobilitätswahl) sowie 4.5 (Oberflächen, nicht so sehr relevant im Energiekontext, wohl aber im Wasserkontext).

Aufgrund der Verteilungen bleibt derzeit unentscheidbar, wie die Thesen 4.2 (Mobilitätswahlunterstützung), 4.3 (Intermodalität beim Güterverkehr) sowie 4.6 (energetischer Effekt von Leichtbauweisen) in Szenario IV zu integrieren wären.

### 3.2.6 Energieerzeugung

Abb. 3-7: Ergebnisse der Thesen 5.1 – 5.19 (Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung

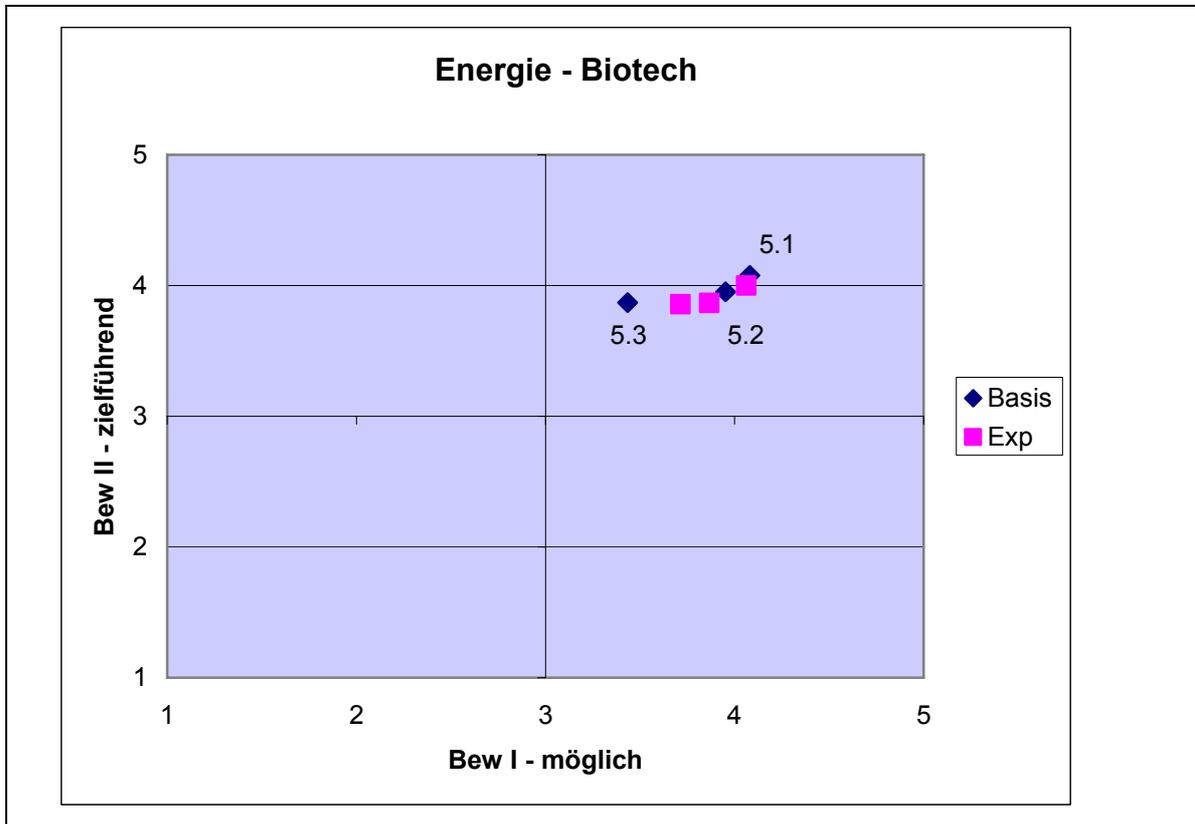


Insgesamt ergibt sich hier bereits im ersten Eindruck ein stärker heterogenes Bild als bei den Nachfragesektoren. In den Folgenden Abschnitten werden die einzelnen Technologien jeweils gesondert diskutiert.

Bis auf wenige Ausnahmen sind hier die Verteilungen breit oder kontrovers; nur wenige Thesen scheinen zu eindeutigen Aussagen zu führen.

3.2.6.1 Energieerzeugung – Biotechnologie

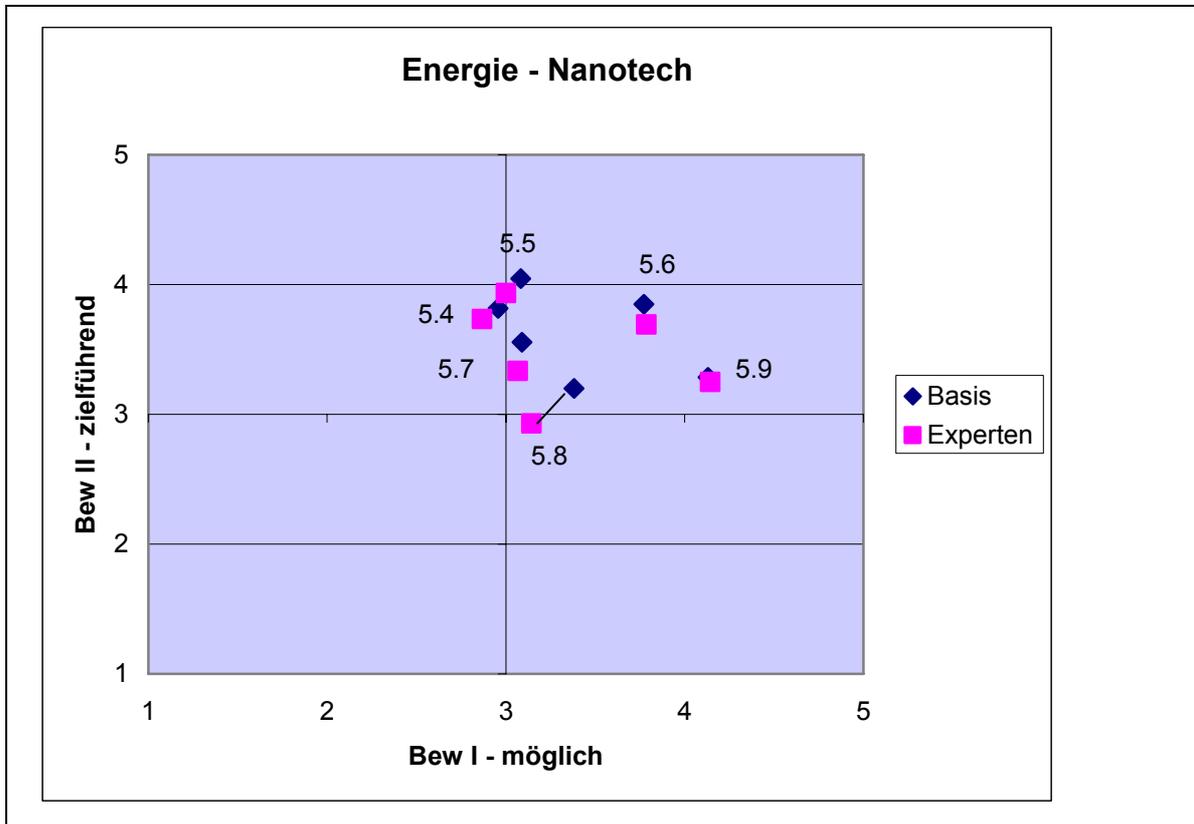
Abb. 3-8: Ergebnisse der Thesen 5.1 – 5.3 (Biotechnologie im Bereich der Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



Die Ergebnisse der Basisauswertung und der Expertenauswertung liegen in diesem Bereich sehr nah beieinander, weshalb auf eine Verbindung der Punkte jeweils verzichtet wurde. Das Gesamtbild zeigt eine durchgängig positive Bewertung von Machbarkeit und Zielführung aller drei Thesen – 5.1 (massgeschneiderte biogene Brenn- und Treibstoffe), 5.2 (biologische Direktstromerzeugung), 5.3 (Bio.Wasserstoff) -, wobei die Möglichkeit von 5.3 die vorsichtigste Bewertung erfährt. Bei allen drei Thesen streuen die Verteilungen zu allen Bewertungsdimensionen deutlich.

3.2.6.2 Energieerzeugung – Mikro- / Nanotechnologie

Abb. 3.9: Ergebnisse der Thesen 5.4 – 5.9 (Mikro- und Nanotechnologie im Bereich der Energieerzeugung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



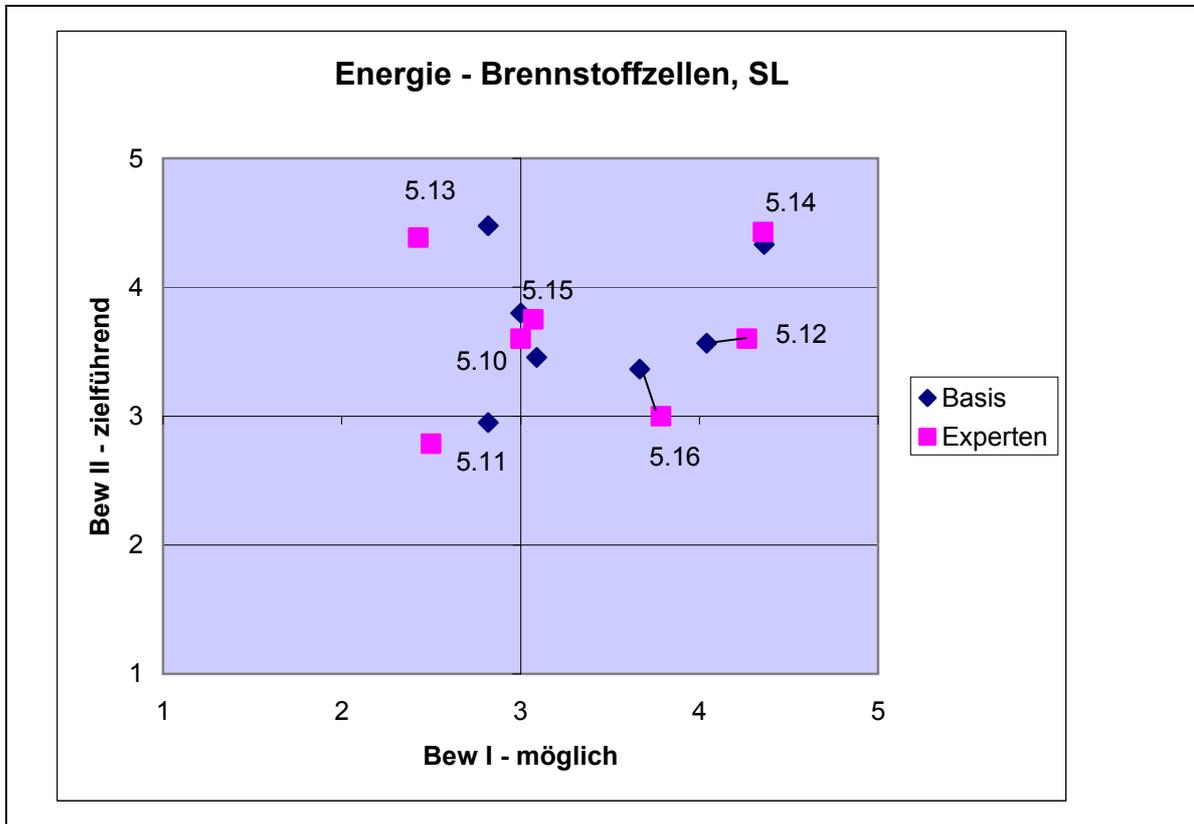
Auch hier liegen die Aussagen der Basisauswertung der der Expertenauswertung eng bei einander, die einzige Ausnahme ist die These 5.8 (Minimikro-Gasturbinen). Die Verteilung zu dieser Aussage ist breit und kontrovers, daher bleibt zu einer evtl. Schärfung die nächste Auswertungsrunde abzuwarten.

Die Thesen 5.6 (mikro- und nanotechnologisch hergestellte Werkstoffe für Brennstoffzellen) und 5.9 (miniaturisierte Energiequellen und -speicher) liegen hier am ehesten im Bereich „möglich und zielführend“.

Die Machbarkeit der Thesen 5.4, 5.5 und 5.7, die sich mit der Erzeugung und Infrastruktur von molekularem Wasserstoff befassen, wird durchweg neutral (mit breiter Verteilung) gesehen; auch die Einschätzungen zur Zielführung streuen stark.

3.2.6.3 Energieerzeugung – Brennstoffzellen und Supraleitung

Abb. 3-10: Ergebnisse der Thesen 5.10 – 5.16 (Brennstoffzellen und Supraleitung) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



Hier ist die Streuung zwischen Basisauswertung und Expertenauswertung ebenfalls vergleichsweise gering, das Gesamtbild zeigt jedoch deutliche Heterogenitäten.

Als weniger wahrscheinlich wird die Erzielung dauerhaft hoher Stromwirkungsgrade von Brennstoffzellen (wenn auch für die Zielführung wünschenswert) eingeschätzt (These 5.13). Ebenfalls weniger wahrscheinlich, aber bezüglich der Zielführung im neutralen Bereich fällt die Einschätzung der Konkurrenz zwischen superminiaturisierten Gasturbinen und Brennstoffzellen aus (5.11).

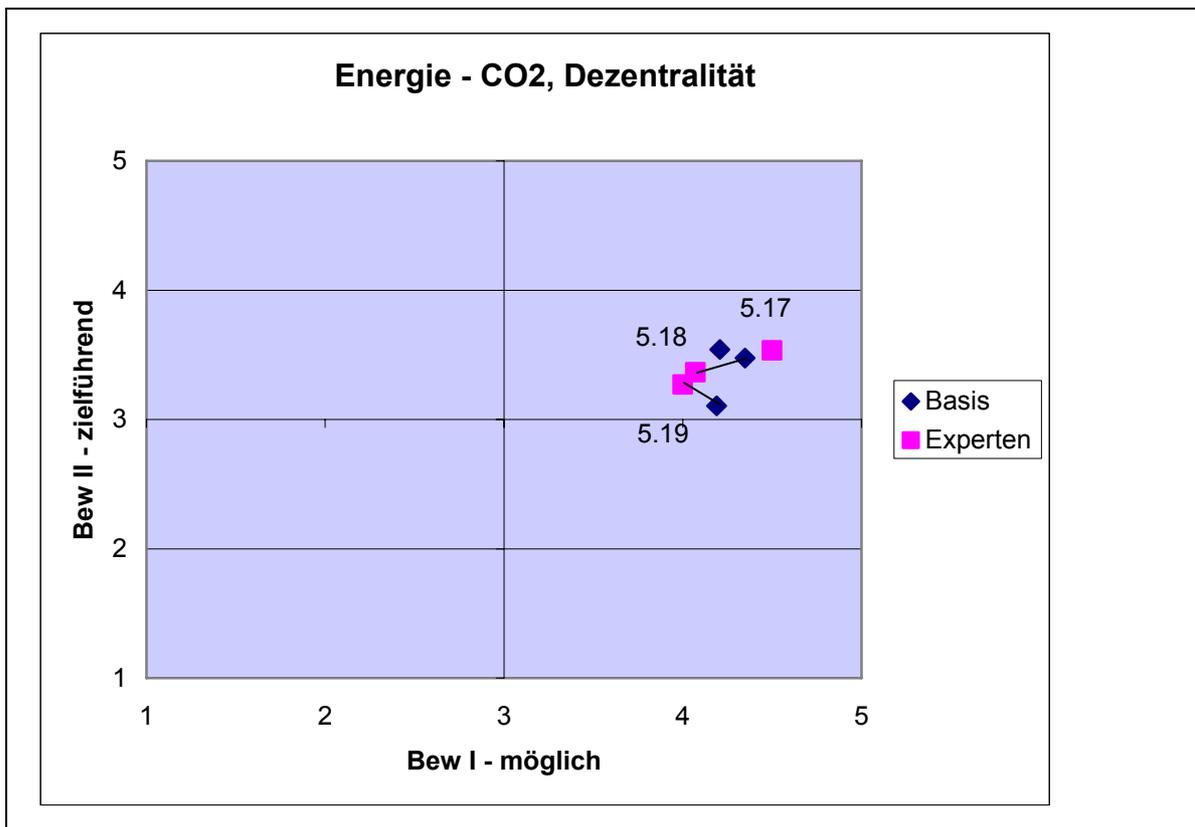
Der Einsatz von Supraleitung in lokalen und miniaturisierten Spezialfällen (5.15) wird bezüglich der Machbarkeit vorsichtig eingeschätzt, ebenso die Durchdringung des portablen Marktes mit Brennstoffzellen (5.10). Beide Verteilungen sind typische kontroverse Verteilungen, bei denen die neutrale Aussage selbst nicht stark besetzt ist.

Nahezu unstrittig im rechten oberen Anteil des Quadranten I liegt 5.14 (stationäre Brennstoffzelle mit biogenem Brennstoff); der Einsatz der Brennstoffzelle bei Strassenfahrzeugen (5.12) wird hingegen etwas skeptischer in der Machbarkeit und Zielführung betrachtet.

Die These 5.16 (Supraleitung für grosstechnische Stromübertragung spielt bis 2050 keine Rolle) wird i. w. bestätigt, wie auch die Kommentare zeigen.

3.2.6.4 Elektrizitätserzeugung – CO<sub>2</sub> und Dezentralität

Abb. 3-11: Ergebnisse der Thesen 5.17 – 5.19 (CO<sub>2</sub>-Sequestration und Dezentralität) der Basisauswertung und der Expertenauswertung

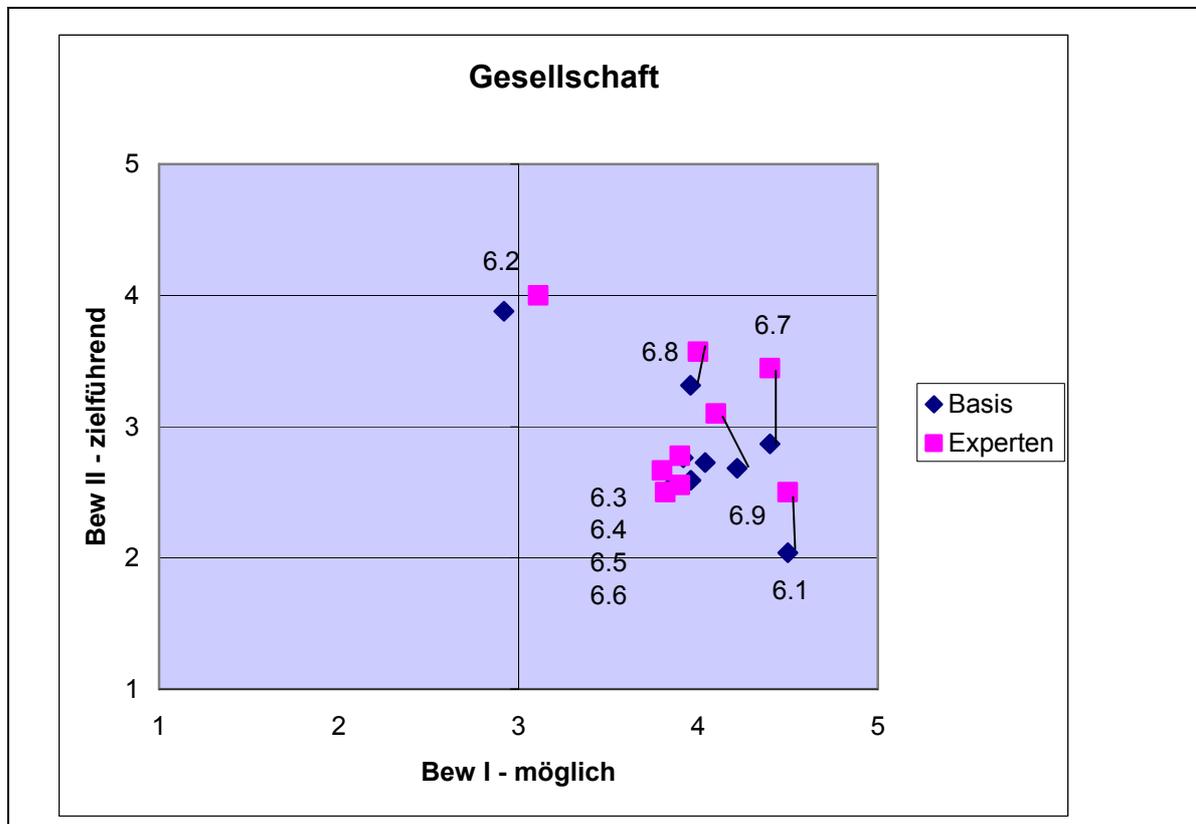


Hier sieht das Bild vordergründig homogener aus, als die dahinter liegenden Häufigkeitsverteilungen nahe legen. Insbesondere die Zielführung zu These 5.17 (grosstechnische CO<sub>2</sub>-Abscheidung) und 5.18 (Umgang mit globalen Risiken) werden sehr kontrovers beurteilt.

Beim vermehrten dezentralen Einsatz von Brennstoffzellen wird der Beitrag zum Ziel insgesamt unklar beurteilt (5.19).

### 3.2.7 Gesellschaftliche Entwicklungen

Abb. 3-12: Ergebnisse der Thesen 6.1 – 6.9 (gesellschaftliches Umfeld) der Basisauswertung und der Expertenauswertung



In diesem Themenfeld liegt die Mehrzahl der Thesenbewertungen im Quadranten II, in dem die Wahrscheinlichkeit der Entwicklungen als grundsätzlich gegeben eingeschätzt wird, der Beitrag zum Ziel einer Effizienzgesellschaft jedoch eher als kontraproduktiv gesehen wird. Dies betrifft insbesondere die Fragen der Akzeptanz der neuen Technologien, der Aushandlungsprozesse und der verstärkten Segregation der Gesellschaft (6.3 – 6.6).

Die Fortsetzung der Trendentwicklung zu Singlehaushalten und längeren Lebensarbeitszeiten (6.1) wird von Experten und der Grundgesamtheit gleichermassen als sehr wahrscheinlich und zugleich kontraproduktiv eingeschätzt. Dementsprechend gilt eine Entwicklung von Alternativen zu Singlehaushalten (6.2) als grundsätzlich zielführend, diese wird in der Umsetzung jedoch eher als neutral eingeschätzt.

Die Akzeptanzfragen von Komfortzuwachsen durch neue Technologien (6.7), verbunden mit Autonomieverringerungen (selbst fahrendes Auto, 6.9) werden von den Experten in ihrem Zielbeitrag leicht positiver eingeschätzt als in der Gesamtauswertung. Hier findet ein „Vorzeichenwechsel“ bezüglich der neutralen Position statt, der aufgrund der Streubreite der Bewertungen jedoch nicht überschätzt werden sollte.

Die Aussage der Nicht-Realisierbarkeit einer dezentralen Produktion von Gütern „on demand“ bis 2035 wird bestätigt, der Beitrag zum Ziel ist dementsprechend gering.

## Anhang A Dokumentation der statistischen Ergebnisauswertung

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der statistischen Basisauswertung sowie der Expertenauswertung für alle Thesen dargestellt.

Um die Darstellung suggestiv und übersichtlich zu machen, wurde die grafische Form gewählt: Die Häufigkeitsverteilungen der Bewertungen zu den einzelnen Bewertungsras-tern werden in Form von gleich aufgebauten Histogrammen dargestellt, sowie die Kenn-daten Mittelwert und Standardabweichung der Verteilungen jeweils hinzu gesetzt.

Die x-Achsen der Skala enthalten jeweils von links nach rechts die fünf Bewertungsschrit-te von „gar nicht möglich“ bis „sehr wahrscheinlich“ (Bewertung I) bzw. „völlig kontrapro-duktiv“ bis „sehr zielführend“ (Bewertung II).

Die y-Achsen haben keine feste Skala, sondern wurden so angepasst, dass die Grössen-verhältnisse der einzelnen Verteilung möglichst deutlich werden. Die Grösse der jeweili-gen Stichprobe ist daraus nicht zu entnehmen. Diese kann bei den „Expertenauswertun-gen“ je nach Zuordnung stark variieren. Sie ist im Anhang C dokumentiert. Da alle Grafi-ken nach demselben Prinzip aufgebaut sind, wurde aus Gründen der Grösse und der Ü-bersichtlichkeit auf Achsenbezeichnungen verzichtet.

Im folgenden wird je eine typische Grafik (zur These 5.8) vergrössert mit Achsenbeschrif-tungen abgebildet:

Abb. A-1: Mustergrafik Basisauswertung, Bew. I

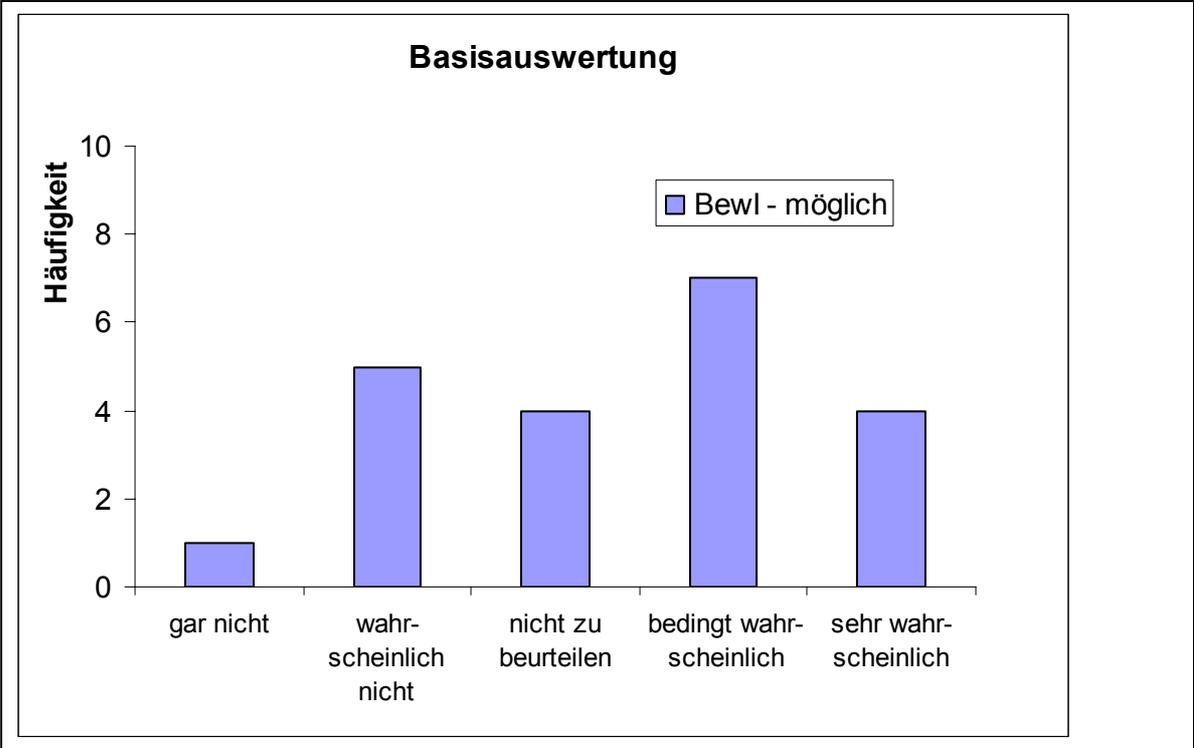


Abb. A-2: Mustergrafik Basisauswertung Bewertung II

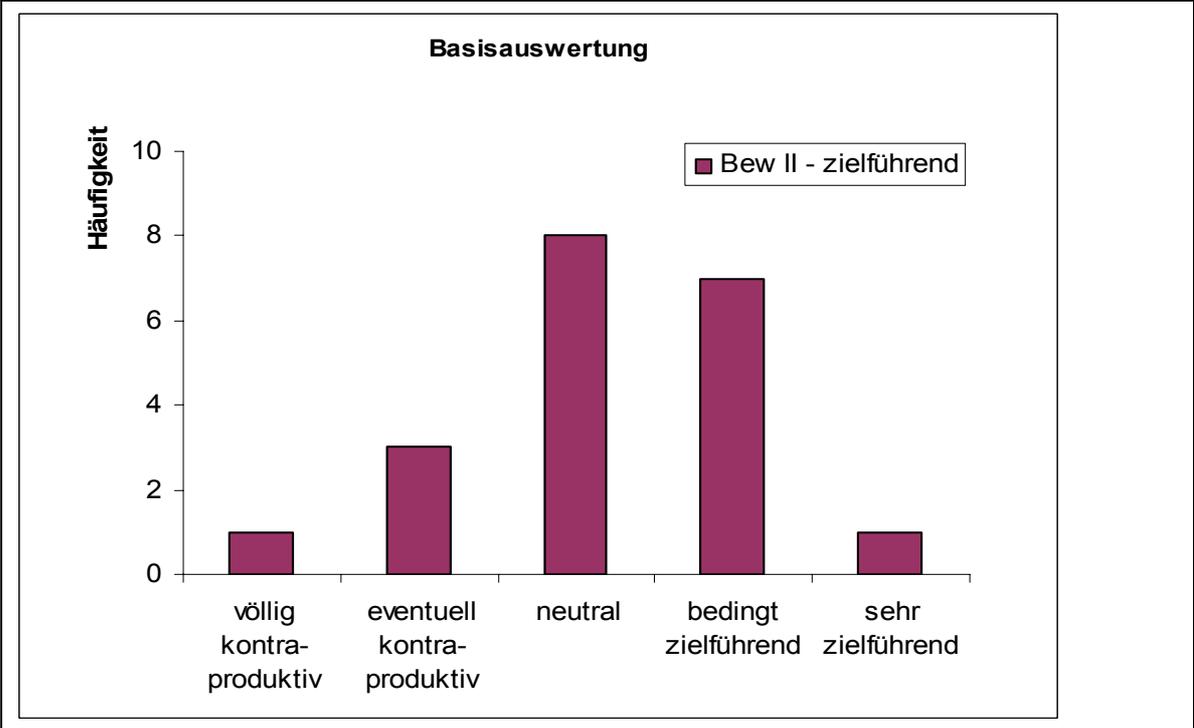


Abb. A-3: Mustergrafik Expertenauswertung Bew. I

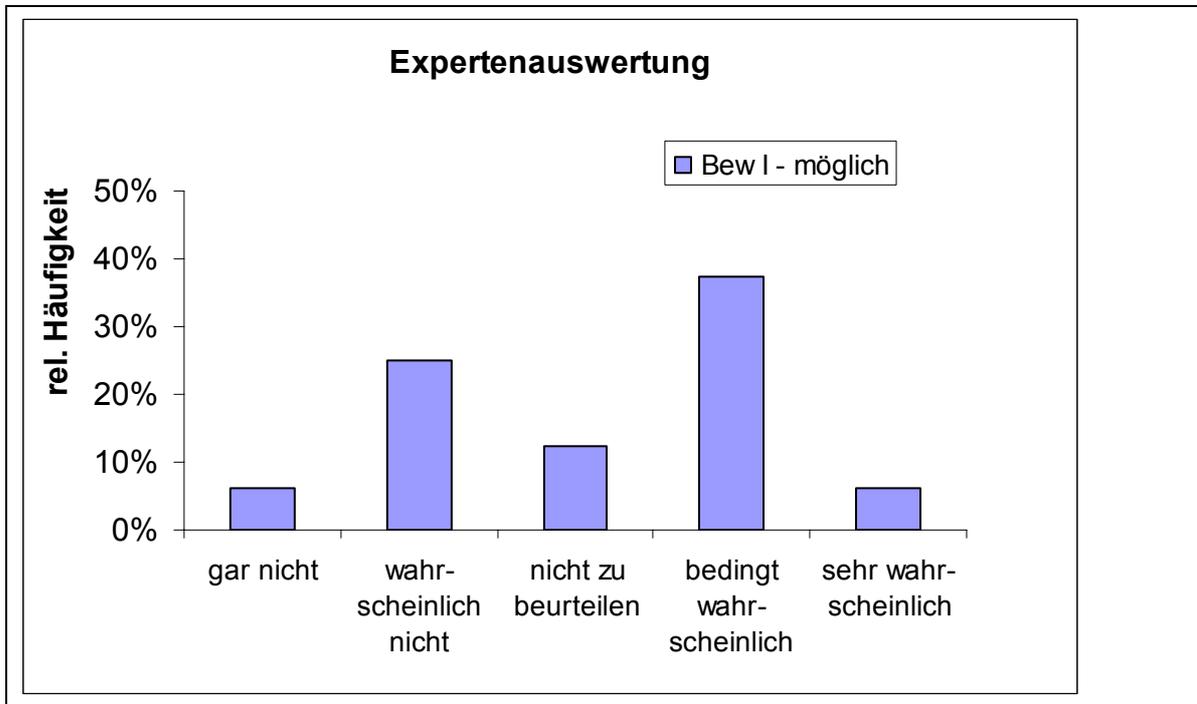
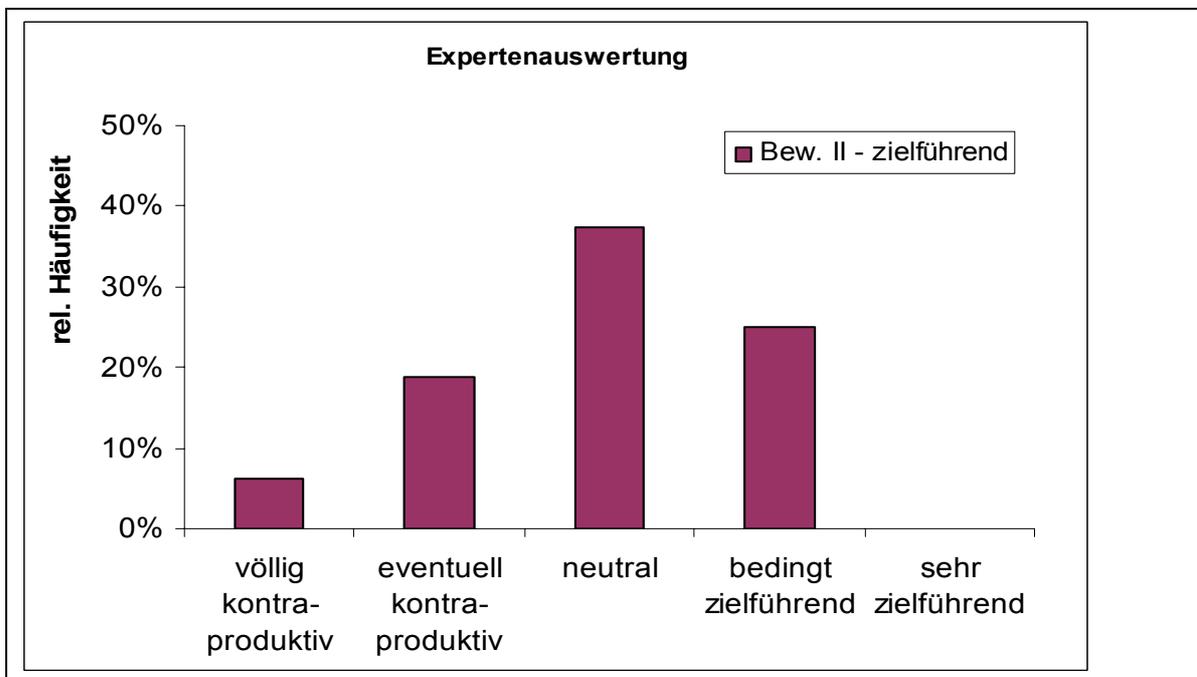


Abb. A-4: Mustergrafik Expertenauswertung Bewertung II, These 5.8



Wie in Kap. 3 erläutert sind die Bewertungsskalen mit den Werten 1 bis 5 numerisch hinterlegt. Für die Verteilungscharakteristika bedeutet dies:

Ein Mittelwert von 3 kennzeichnet die neutrale Aussage, ein Mittelwert zwischen 1 und 3 verortet eher „negative“ Aussagen, ein Mittelwert zwischen 3 und 5 kennzeichnet „eher positive“ Gesamtbewertungen.

Die Abstände zwischen jeweils benachbarten Aussagen betragen 1. Eine Standardabweichung kleiner als 1 kennzeichnet eine eher „scharfe“ Verteilung, eine Standardabweichung grösser als 1 eine „eher unscharfe“ Verteilung.

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung			
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.

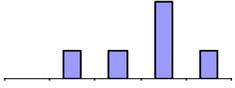
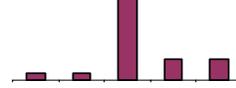
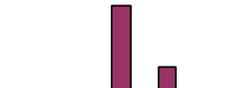
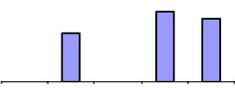
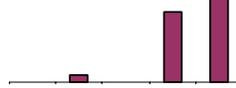
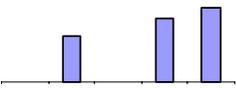
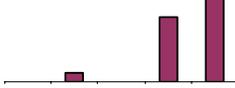
**Sektor private Haushalte**

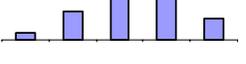
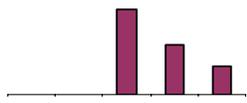
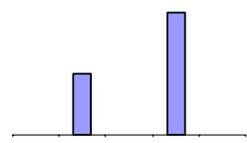
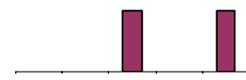
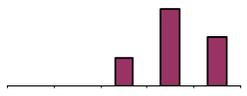
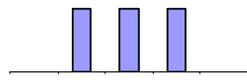
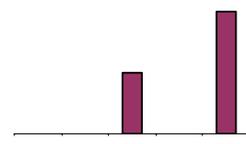
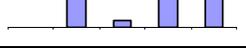
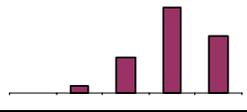
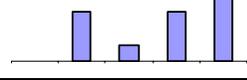
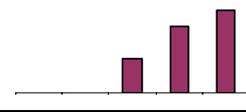
**Technologie: Informations- und Kommunikationstechnologie**

1.1	Automatische IT-gestützte Steuerung von Gebäudeheizung, -kühlung und sonstigem Betrieb ermöglicht im Einzelfall ohne explizite Betriebsveränderung, energetische Sanierung oder Anlageninvestitionen 6 % Energieeinsparung. Ab ca. 2010 mit einfach implementierbarer Technologie (es müssen keine aufwändigen Bussysteme mehr verkabelt werden) breit verfügbar.					4.25	0.74	4.43	0.59	4.50	0.58	4.25	0.50
1.2	Haus und Leben sind vernetzt; Besorgungen werden online getätigt; Auswirkungen auf Mobilitätsverhalten und -bedürfnisse führen zwar zu starken Veränderungen, sind aber energetisch nicht signifikant (verstärkt ab 2015).					4.50	0.81	2.96	0.68	5.00	0.00	3.00	0.82
1.3	Der Stromeinkauf wird entsprechend bestimmter tariflicher oder sonstiger Anreizinstrumente automatisch und in Echtzeit getätigt (bei bestimmten günstigen Preisen wird z.B. die Tiefkühltruhe „geladen“ (demand side management, Einbeziehung von mehr stochastischen Erneuerbaren Energien ins System). Erste signifikante Anwendungen ab 2015, deutliche Durchdringung ab 2025.					4.15	0.92	3.96	0.93	4.50	0.58	4.50	0.58

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung			
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.

**Technologie: Nano und Mikro**

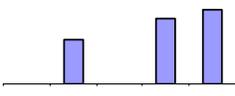
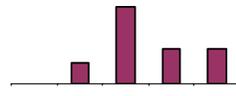
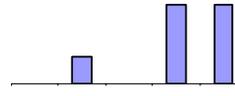
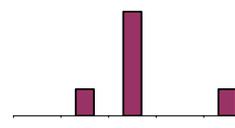
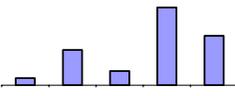
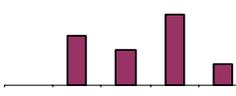
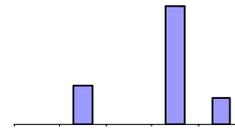
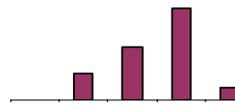
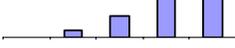
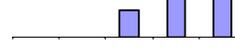
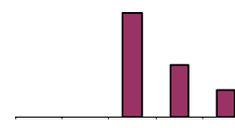
1.4	Nie mehr Fensterputzen durch Lotus-Effekt! Fensterglasbeschichtungen bei Neufenstern ab 2020 serienmässig.					3.65	0.98	3.29	0.96	4.67	0.58	3.33	0.58
1.5	Beleuchtung (LED und Folgetechnologien wie Direktleiter, Lichtlenksysteme etc.) kann eine grosse Rolle in der Einsparung spielen – ab 2015 sichtbar, ab 2020 im Einzelfall Einsparungen bis zu 80 %.					4.58	0.70	4.52	0.51	4.60	0.75	4.58	0.51
1.6	Vakuumdämmung wird 2020 serienreif. Flächendeckend werden dadurch Minergie- und tiefere Standards auch bei den Sanierungen breit durchgesetzt. Fenster ziehen nach.					3.81	1.20	4.50	0.71	3.90	1.21	4.50	0.76

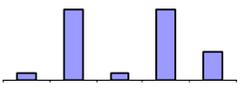
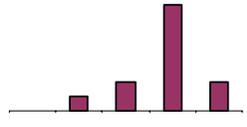
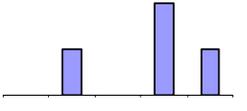
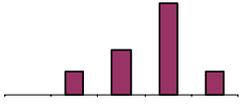
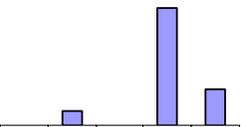
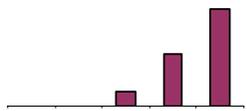
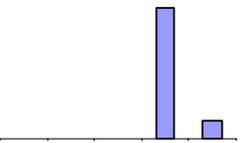
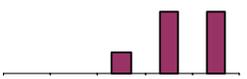
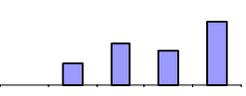
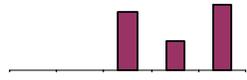
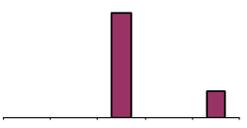
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
1.7	Funktionstextilien reduzieren Wärme-/Kühlbedarf (ab 2030, signifikant erst ab 2040).					3.38	1.02	3.65	0.78	3.33	1.15	4.00	1.41
1.8	Funktionstextilien führen zu wasser- und energiearmen Reinigungsverfahren (ab 2030, signifikant erst ab 2040).					3.68	0.95	4.14	0.71	3.00	1.00	4.33	1.15
1.9	Automatische Verschattung durch schaltbare Beschichtungen von Fensterglas reduziert den Trend zur Kühlung. Serienmässig in Neubauten ab 2015.					3.77	0.99	4.04	0.82	3.73	1.27	4.27	0.79

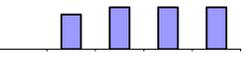
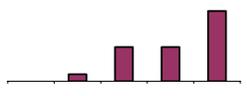
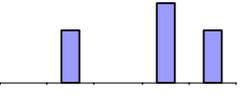
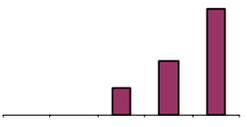
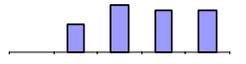
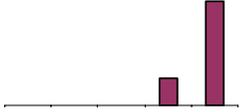
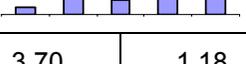
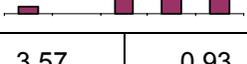
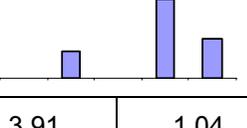
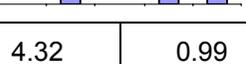
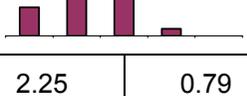
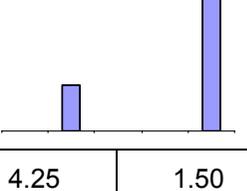
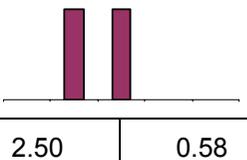
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung			
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.

## Sektor Dienstleistungen

### Technologie: Informations- und Kommunikationstechnologien

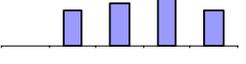
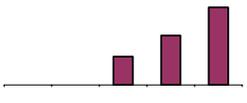
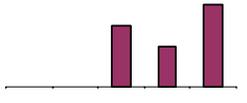
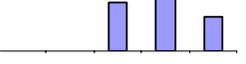
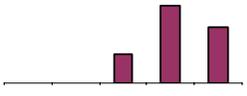
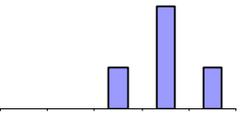
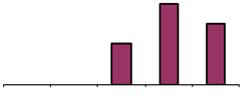
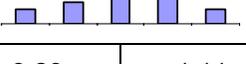
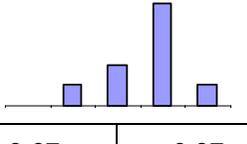
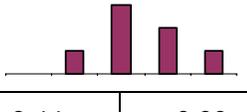
2.1	Der Anteil an „virtuellen“ Arbeitsplätzen erhöht sich signifikant. In der Folge verschieben sich Arbeitsplatzflächen aus dem Dienstleistungs-Sektor in den Sektor PHH und in den öffentlichen Raum, z.B. Lounges mit Arbeitszonen an Verkehrsknotenpunkten, öffentliche Gebäude etc. Dieser Trend wird ab 2020 sichtbar und betrifft ab 2030 ca. 10 – 25 % der Flächen in verwaltungs- und wissensorientierten Dienstleistungsbranchen.					3.92	1.19	3.50	0.98	4.14	1.07	3.17	0.98
2.2	Die räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Arbeit insbesondere in den wissens- und verwaltungsorientierten Dienstleistungsbranchen führt zu einer Verstärkung in der zeitlichen Nutzung der verbleibenden Flächen. Gebäude „laufen rund um die Uhr“. Das beginnt bereits heute und wird ab 2020 deutlich sichtbar (ca. 5 - 10 % des entsprechenden Bestandes).					3.69	1.19	3.36	1.04	3.71	0.99	3.50	0.85
2.3	Im Einzelfall sind Flächeneinsparungen durch „virtuelle Arbeitsplätze“ von ca. 20 % denkbar (etwa ab 2020).					4.24	0.83	3.88	0.88	4.29	0.76	3.57	0.79

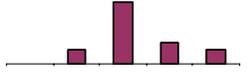
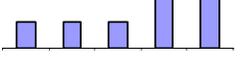
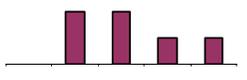
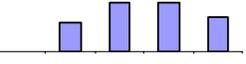
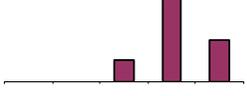
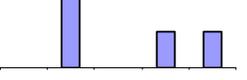
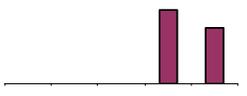
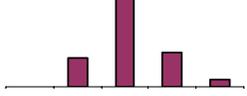
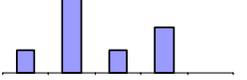
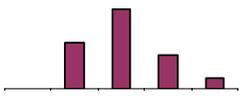
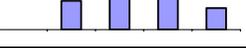
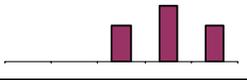
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
2.4	Das papierlose Büro, welches aber elektronisches Papier nutzt, kann ab 2030 zu erheblichen Einsparungen, vor allem durch den Aufwand in Papierindustrie und Logistik, führen.					3.23	1.24	3.84	0.80	3.75	1.16	3.63	0.92
<b>Technologie: Nano und Mikro</b>													
2.5	Reaktive und schaltbare Beschichtungen von Fenstergläsern führen zu einer Reduktion des sommerlichen Kühlungsbedarfs klassischer Dienstleistungsgebäude auf 20 %. (ab 2030 serienmässig).					4.04	0.77	4.50	0.67	4.13	0.35	4.29	0.76
2.6	Optoelektronische Bauteile werden ab 2015 serienmässig in alle Rechner und storage devices eingebaut; sie erhöhen damit die Volumenleistung bei reduzierter spezifischer Energieaufnahme und Abwärme.					3.87	1.10	4.05	0.92	3.67	1.37	3.40	0.89

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
2.7	Bildschirme werden durch Visoren ersetzt, deren Leistungsaufnahme nur noch im Promillebereich der jetzigen Flachbildschirme liegt (ab 2015 sichtbar, ab 2025 serienmässig).					3.57	1.12	4.14	0.96	3.71	1.25	4.43	0.79
2.8	Bei den medizinischen Dienstleistungen führen neue Verfahren der Sterilisation zu dramatischer Reduzierung des Dampf- und Wärmebedarfs (ab 2020).					3.61	1.08	4.10	0.85	3.80	1.30	4.80	0.45
2.9	Neue medizinische Techniken, ausgefeilte massgeschneiderte Behandlungskonzepte führen zu zunehmend individueller und nichtstationärer Behandlung. Die Hospitalisierungsrate und -zeit nimmt ab; Reduzierung von Spital- und Pflegeplätzen. (-20 % in 2030, -40 % in 2050).					3.70	1.18	3.57	0.93	3.91	1.04	3.82	0.75
2.10	Die technologische Basis für die Informationsverarbeitung wird zwar weiterhin, z. T. in Sprüngen, effizienter, jedoch wachsen die Datenströme, Kapazitäten und Speicherleistungen mindestens im gleichen Masse. Der insgesamt für Datenverarbeitung bereitzustellende Energieaufwand bleibt daher konstant oder wächst sogar.					4.32	0.99	2.25	0.79	4.25	1.50	2.50	0.58

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
2.11	Biogene Brenn- und Treibstoffe – massgeschneiderte Produktion ab 2015					4.04	0.81	4.26	0.62	4.00	0.94	4.25	0.58
<b>Sektor Industrie</b>													
<b>Technologie: IuK</b>													
3.1	Massgeschneiderte Produktionsüberwachung ermöglicht hohe Effizienz und Produktion „on demand“. Spezifischer Effekt 10 – 15% je nach Branche. Ab 2030 durchgängig.					4.09	0.73	4.26	0.81	4.33	0.50	4.11	0.93
3.2	„dezentrale Produktion“ wird ab 2040 zur Nischenoption: es werden nur noch „Blaupausen“ verschickt, die Produktionseinheit besorgt sich ihre Rohstoffe nach Bedarf selbst.					2.96	0.98	3.06	0.83	3.18	0.98	3.22	0.67

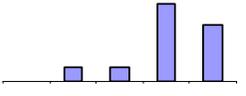
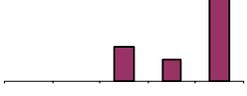
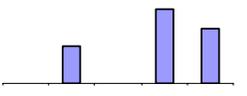
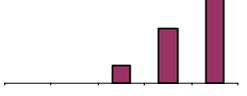
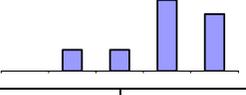
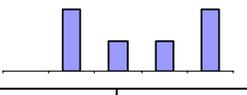
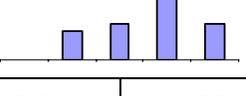
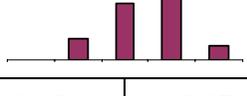
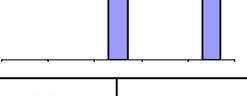
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
3.3	Struktureffekt in zwei Richtungen: Export von energie- und arbeitsintensiver Produktion (blue collar) verstärkt sich bis 2020; Reimport von kognitiv anspruchsvollen Arbeitsplätzen (FuE), die dann in der sektoralen Zuordnung eher den Dienstleistungen zugerechnet werden. (Einsparung im Einzelfall zwischen 5 und 50 %, erst nach Kohortenrechnungen entscheidbar).					3.83	0.70	3.56	0.92	3.93	0.62	3.45	0.82
<b>Technologie: Nano und Mikro</b>													
3.4	Industrielle Produktion wird allgemein zunehmend automatisiert, niedrig qualifizierte und rein produktionsbezogene Arbeitsplätze fallen ersatzlos weg					4.38	0.88	2.35	0.83	4.20	0.92	2.50	1.08
3.5	Ersatz von Stahl durch „massgeschneiderte“ Spezialwerkstoffe bleibt bis 2050 in Nischenanwendungen.					3.42	1.21	3.17	0.86	3.50	1.22	3.50	0.55

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
3.6	Katalytische und biokatalytische Prozesse senken den spezifischen Energieaufwand je Produktionseinheit erheblich (um bis zu 80 %), insbesondere bei Chemie- und Nahrungsmittelproduktion, z. T. auch Metallurgie					3.54	1.06	4.32	0.78	3.44	1.13	4.11	0.93
3.7	Nano-Membranen unterstützen Trenn- und osmotische Prozesse (ab 2030). Der Material- und Energieaufwand kann sich signifikant verringern					3.92	0.72	4.17	0.72	4.00	0.71	4.11	0.78
3.8	An die Stelle mechanischer und thermischer Bearbeitungsverfahren treten nanobiotechnologische Verfahren, die z.B. dazu führen, dass Werkstücke in Form „wachsen“ und nicht mehr geschnitten oder geschliffen werden müssen (ab 2040 in Nischenanwendungen).					3.23	1.11	3.60	0.91	3.67	0.87	3.44	0.90

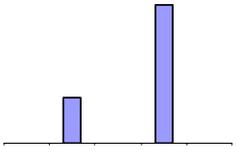
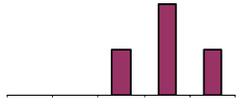
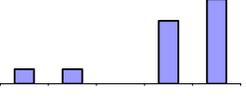
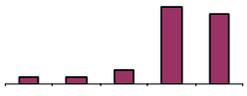
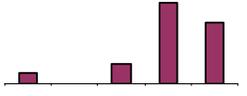
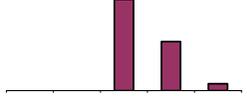
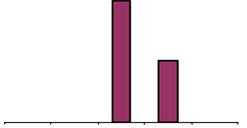
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
3.9	Hightech- Produktionsverfahren in der Spezialitätenchemie führt zu weiterer Wertschöpfung und weiterem Wachstum der Branche. Z.B. werden ausgelagerte Produktionskapazitäten mit neuen Verfahren und neuen „Endprodukten“ wieder „zurückgeholt“ (Trend ab 2030 sichtbar).					3.30	1.08	3.31	0.87	3.43	1.51	3.17	1.17
3.10	Reibungsarme Oberflächen reduzieren Energieverluste in Produktionsprozessen erheblich. (ab 2025)					3.57	1.04	4.14	0.65	3.25	1.39	4.43	0.53
3.11	Designer-Food: Lebensmittelerzeugung wird hochindividuell und zunehmend dezentral, Nahrungsmitteln werden z.B. individuell notwendige Spurenelemente, Enzyme etc. beigemischt. Verfahren werden vor allem biotechnisch und katalytisch, was den spezifischen Energieaufwand je erzeugter Einheit mindestens um einen Faktor 2 reduziert. Ab 2025					2.36	0.95	3.13	0.76	2.53	1.06	3.07	0.88
3.12	Neue Beschichtungsverfahren für massgeschneiderte Oberflächen reduzieren den spezifischen Energieaufwand erheblich (-40 % im Einzelfall, ab 2025)					3.48	0.98	3.84	0.69	3.63	1.06	4.00	0.82

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung			
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.

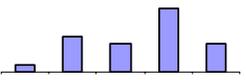
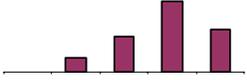
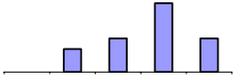
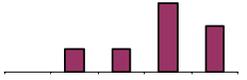
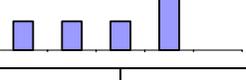
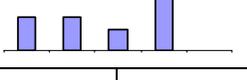
**Technologie: Bio**

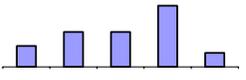
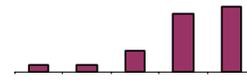
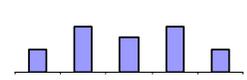
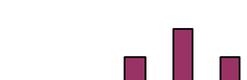
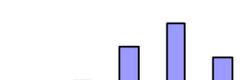
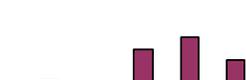
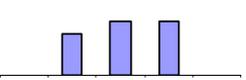
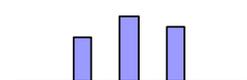
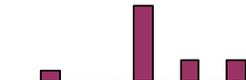
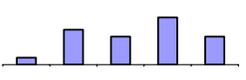
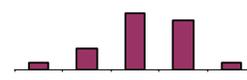
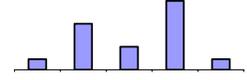
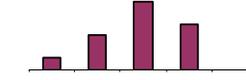
3.13	Sowohl in der Grundstoffchemie als auch in der Spezialitätenchemie werden vermehrt biotechnologische Verfahren angewendet (Bakterien, Enzyme, Zellen als Produktionseinheiten), was z. T. den Energieaufwand dramatisch reduziert (um Faktor 20, Gesamtreduktion etwas weniger). Ab 2015 Anwendungen in Spezialfällen, ab 2030 durchgängig					4.09	0.90	4.38	0.86	3.89	1.17	4.44	0.73
3.14	Sowohl bei der Produktion als auch bei der Verarbeitung von Lebensmitteln sind ab 2030 massgeschneiderte biotechnologische Verfahren an der Tagesordnung.					3.96	1.00	3.35	0.98	3.50	1.38	3.00	0.71
3.15	Darreichungsformen von Medikamenten werden so ausgefeilt, dass die Wirkstoffe nahezu verlustfrei an ihren Wirkungsorten „ankommen“. Dadurch verringern sich die erzeugten und verarbeiteten Wirkstoffmengen (und in Folge dessen der entsprechende Energieeinsatz) erheblich, bis 2035 z. T. bis zu 80 %					3.68	0.99	3.48	0.85	4.00	1.41	3.50	0.71

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
3.16	Die Durchdringung und Umstellung der industriellen Prozesse mit revolutionär neuen Technologien erfolgt stetig und evolutionär – bis 2050 ist noch kein Zweig vollständig auf rein bio- oder nanotechnologische Produktionsmethoden umgestellt.					4.28	0.94	3.65	0.99	4.33	0.89	3.90	0.99
<b>Sektor Verkehr</b>													
<b>Technologie: IuK</b>													
4.1	Durch Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit Leitstellen werden die Verkehrsflüsse optimiert, die Infrastruktur besser ausgenutzt und die spezifischen Verbräuche abgesenkt. (Einsparungen im Einzelfall je Weg 10 - 20 %, stärkere Durchdringung ab 2020).					4.13	0.85	3.63	1.13	4.50	0.55	3.00	0.89
4.2	Das Fahrzeug – oder das Haus – übernimmt die Mobilitätsberatung und wählt für einen gewünschten Weg das ideale Verkehrsmittel. Ab 2025					2.81	1.23	3.56	0.58	3.83	0.98	3.67	0.52

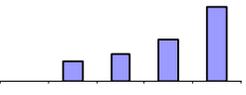
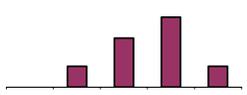
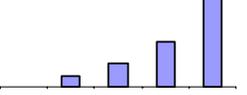
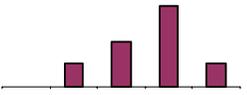
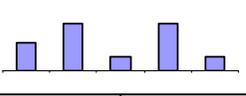
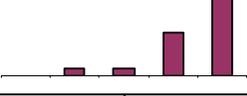
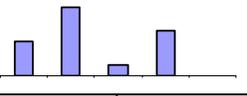
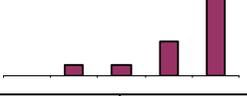
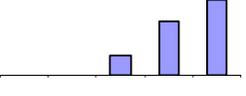
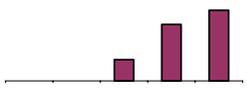
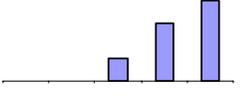
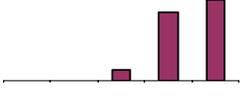
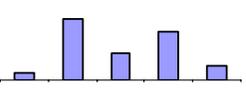
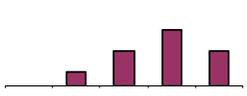
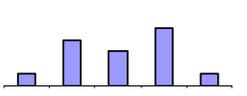
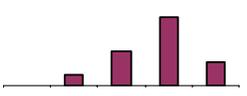
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
4.3	Verschiebung der Intermodalität im Güterverkehr: Aufgrund von Steuerungs- und Anreizsystemen wird - von Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt - die unter betriebswirtschaftlichen Zeit- und Kostenaspekten ideale Verkehrsträgerkombination für das individuelle Transportproblem gefunden. Da der Druck hier grösser ist, setzen sich solche Systeme bereits ab 2015 sichtbar durch					3.29	1.30	4.04	0.88	3.50	1.00	4.00	0.82
4.4	Elektrizitäts-Lastmanagement durch pricing – Reduktionen von Spitzenlasten in allen Modi ==> effizientere Anlagen- und Infrastrukturauslastung (ca. 20 % ab 2025).					4.08	1.26	4.12	1.01	4.06	1.39	4.06	1.03
<b>Technologie: Nano und Mikro</b>													
4.5	Nie wieder Auto waschen durch Lotuseffekt. Ab 2025					3.32	1.17	3.43	0.60	3.67	1.53	3.33	0.58

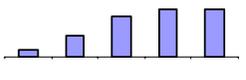
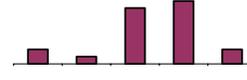
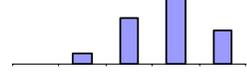
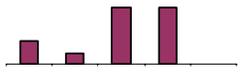
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
4.6	Neue Leichtbauwerkstoffe für Fahrzeuge verringern den Energieverbrauch sowohl bei der Herstellung als auch beim Fahren drastisch (Faktor 4, ab 2030).					3.92	1.10	4.48	0.73	3.71	1.25	4.33	0.52
4.7	Einsparungen durch Reifenoptimierung (ca -10%, ab 2015)					3.92	1.04	4.17	0.76	4.50	0.58	4.00	0.00
<b>Bereich Energieerzeugung</b>													
<b>Technologie: Bio</b>													
5.1	Massgeschneiderte biogene Brenn- und Treibstoffe aus den unterschiedlichsten Ausgangsprodukten (Direktanbau, Abfallstoffe) durchdringen den Markt mit sichtbaren Anteilen (ab 2020).					4.08	1.04	4.08	0.93	4.06	1.12	4.00	0.97

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
5.2	Biologische Direktstromerzeugung. Aus Licht, aus Potenzial- und Konzentrationsgradienten, v. a. durch massgeschneiderte Bakterien und Algen, aus dem Pilotstadium in 2030 heraus, systematische Anwendung in den entsprechenden Nischen erst bis 2050					3.43	1.16	3.87	0.92	3.71	0.99	3.86	1.03
5.3	Biologische Erzeugung von molekularem Wasserstoff mit Bakterien, Algen, Enzymen oder massgeschneideren Zellen: Im Pilotmassstab ab 2035, in einzelnen Nischenanwendungen in Europa und weltweit (nicht grosstechnisch) bis 2050 sichtbar					3.95	0.97	3.95	1.02	3.87	0.92	3.87	1.19
<b>Technologie: Nano und Mikro</b>													
5.4	Erzeugung von molekularem Wasserstoff durch nanotechnologische katalytische Prozesse (grosstechnisch evtl. im Sonnengürtel der Erde), ab 2030.					2.96	1.19	3.82	1.14	2.87	1.25	3.73	1.28

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
5.5	Grosstechnische globale H <sub>2</sub> -Produktion (im Sonnengürtel der Erde; ab 2030)					3.08	1.21	4.05	1.09	3.00	1.31	3.93	1.16
5.6	Mikro- und nanotechnologisch hergestellte Werkstoffe für Brennstoffzellen (Membranen, Leiter, Katalysatoren, Reformermaterialien) führen ab 2020 zu deutlichen Kostendegressionen insbesondere für den portablen Bereich.					3.77	0.87	3.85	0.99	3.79	0.89	3.69	1.11
5.7	Mikro- und nanotechnologisch erzeugte H <sub>2</sub> -Speicher ermöglichen ab 2035 den Beginn des Aufbaus einer Direkt- H <sub>2</sub> -Logistik					3.09	0.81	3.56	0.98	3.07	0.80	3.33	1.07
5.8	Minimikro-Gasturbinen werden ab 2030 zur Alternativen Klein-Energietechnik als Konkurrenz zur Brennstoffzelle, sogar für den portablen Bereich					3.38	1.20	3.20	0.95	3.14	1.17	2.93	0.92

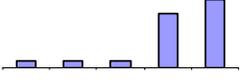
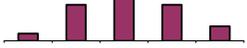
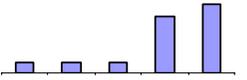
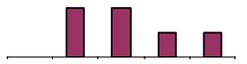
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
5.9	Für mikroskopisch kleine technische Anwendungen (z.B. medizinische Chips, spezielle Sensoren und spezialisierte Kommunikation zwischen Maschinen) werden miniaturisierte Energiequellen und -speicher entwickelt. Ab 2030 Pilotphase.					4.13	0.92	3.29	0.90	4.14	0.66	3.25	1.06
<b>Brennstoffzellen</b>													
5.10	Portable Anwendungen von Brennstoffzellen auf Methan/Methanolbasis durchdringen ab 2010 verstärkt den Laptop / Handy / Medienbereich.					3.09	1.19	3.45	1.06	3.00	1.20	3.60	0.99
5.11	Portable Anwendungen von Brennstoffzellen auf Methanol- und Methanbasis erfahren eine Konkurrenz durch miniaturisierte Gasturbinen, ebenfalls auf Methanbasis, ab 2010/2015.					2.82	1.18	2.95	0.83	2.50	1.16	2.79	0.80

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
5.12	Brennstoffzellen bei Strassenfahrzeugen erst ab 2025 in Kleinserie.					4.04	1.08	3.57	0.90	4.27	0.96	3.60	0.91
5.13	Die Stromwirkungsgrade stationärer Brennstoffzellen sind auf 90 % + steigerbar					2.82	1.33	4.48	0.81	2.43	1.16	4.38	0.96
5.14	Betrieb stationärer Brennstoffzellen mit biogenem Methan und Methanol wird ab 2030 serienreif.					4.36	0.73	4.33	0.73	4.36	0.74	4.43	0.65
5.15	In miniaturisierten Produkten, Hochleistungsrechnern, Spezialgeräten etc. wird Supraleitung als verlust- und wärmearme Möglichkeit zum Elektrizitätstransport ab 2015 verstärkt eingesetzt					3.00	1.13	3.80	0.95	3.07	1.14	3.75	0.87

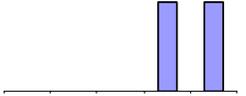
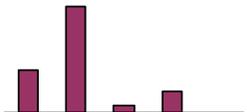
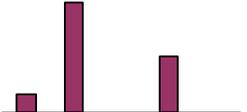
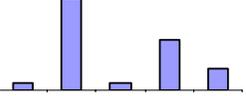
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
5.16	Für die grosstechnische Stromübertragung spielt Supraleitung bis 2050 keine Rolle.					3.67	1.17	3.36	1.05	3.79	0.89	3.00	1.08
<b>CO<sub>2</sub></b>													
5.17	Ab 2035 gibt es CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -lagerung bei (Kombi-)Grosskraftwerken serienmässig					4.21	1.02	3.54	1.38	4.50	0.85	3.53	1.36
5.18	Die globalen Risiken der CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -lagerung rücken bis 2030 stärker in den Blick. Technikfolgenabschätzungen bringen keine eindeutigen Ergebnisse und keine Entwarnung.					4.35	0.88	3.47	0.96	4.07	1.00	3.36	0.81

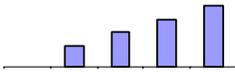
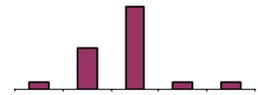
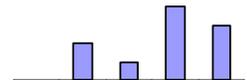
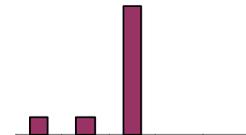
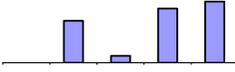
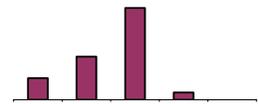
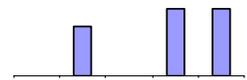
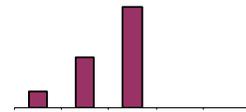
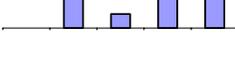
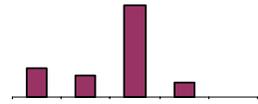
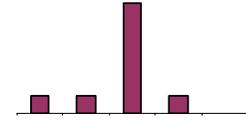
Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung			
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend	
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.

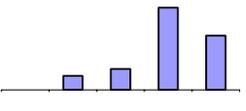
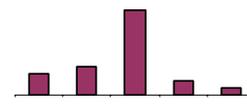
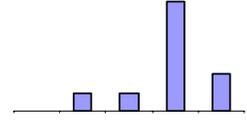
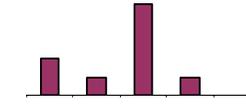
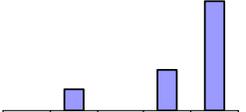
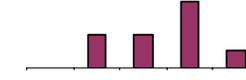
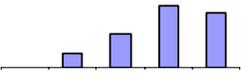
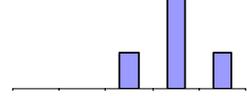
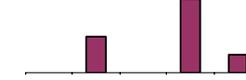
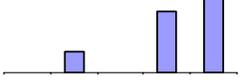
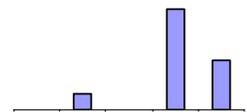
### Dezentralität

5.19	Sicherheitsfragen insbesondere in der IT-Infrastruktur führen (ab 2025) zu verstärktem Einsatz von USV und sonstigen Backup-Technologien in sensiblen Bereichen. Insbesondere im Zusammenhang mit Facility-Management von hochspezialisierten DL-Gebäuden werden hier auch verstärkt kundennahe Erzeugungsmodule eingesetzt. Besonders interessant ist hier die BZ mit hohem Stromwirkungsgrad und hoher Elastizität in den Lastgängen								
		4.19	1.08	3.11	1.10	4.00	1.24	3.27	1.13

### Wechselwirkungen - Auswirkungen, gesellschaftliches Umfeld

6.1	Durch medizinische Fortschritte verstärkt sich die Alterung der Gesellschaft. Dies führt zu längeren Lebensarbeitszeiten und neuen Arbeitsplatzstrukturen und -anforderungen. Gleichzeitig bleiben die Menschen – auch technologisch unterstützt - länger selbstständig, der Trend zu Singlehaushalten nimmt zu. Dies hat zusätzliche Auswirkungen auf die (beheizten und gekühlten) Flächen in den Sektoren private Haushalte und Dienstleistungen. Sichtbare Wirkung ab 2025.								
		4.50	0.51	2.04	0.89	4.50	0.53	2.50	1.08
6.2	Durch verlängerte Lebensdauern und immer dispersere biographische Entwicklungen ändern sich auch die Lebens- und Wohnformen. Insbesondere jenseits der 60 Jahre nehmen „Ersatzfamilien“ durch Wohngemeinschaften und neue Wohnformen zu. Dies schwächt den Trend zu Singlewohnung ab und reduziert das Wachstum der Flächen pro Kopf. Sichtbare Wirkung ab 2025.								
		2.92	1.22	3.88	0.78	3.11	1.05	4.00	0.87

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
6.3	Die gesellschaftliche Akzeptanz aller neuen bzw. verstärkten Schlüsseltechnologien (Bio, Nano, Mikro, I-TuK) wird über Jahrzehnte hinweg ausgehandelt.					3.92	1.06	2.76	0.83	3.80	1.14	2.67	0.71
6.4	Es wird eine neue Risikodiskussion zur Durchdringung der IT-uK-Technologien in allen Lebensbereichen geben: Sowohl Fragen der gesundheitlichen Auswirkungen als auch des Datenschutzes werden jahrzehntelang kontrovers diskutiert					3.83	1.20	2.52	0.79	3.82	1.25	2.50	0.71
6.5	Verstärkter Einsatz und verstärkte FuE der neuen Schlüsseltechnologien geht mit der Gefahr erhöhter Segregation der Gesellschaft einher: Die Produktivität wird stark durch wissensbasierte Berufe getragen, die die Technologien und ihre Anwendungen vorantreiben und weiterentwickeln. Es wird einen neuen und teilweise sehr kontroversen Aushandlungsprozess geben, wie Teilhabe an der Gesellschaft gewährleistet werden kann					3.96	1.17	2.59	0.91	3.90	1.10	2.78	0.83

Nr.	These	Basisauswertung				Expertenauswertung							
		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend		Bew. I - möglich		Bew. II - zielführend					
		Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.				
6.6	Die veränderten Produktions- und Produktivitätsstrukturen werden massive Auswirkungen auf die Einkommensverhältnisse in der Schweiz (und in allen anderen Ländern) haben.					4.04	0.89	2.73	0.98	3.90	0.88	2.56	1.01
6.7	Grundsätzlich arrangiert sich die jüngere Generation weitaus selbstverständlicher mit dem Komfort, den die neuen Technologien bieten, ohne Wirkungsweisen und Risiken genauer zu kennen.					4.40	1.00	2.87	1.10	4.40	0.97	3.44	1.01
6.8	Streng dezentrale Produktion von Gütern „on demand“ ist bis 2035 nicht realistisch, bis 2050 möglich, aber noch nicht breit durchgesetzt					3.96	0.95	3.32	0.95	4.00	0.71	3.57	1.13
6.9	Im Bereich der individuellen Mobilität wird der verstärkte Einsatz von Steuerungs- und Eingriffssystemen zur verbesserten Auslastung der Infrastruktur als Eingriff in persönliche Autonomie verstanden und führt zu einem massiven Akzeptanzproblem, das die breite Einführung solcher Technologien stark verzögert. („Nur wenige wollen das selbst fahrende Auto“.)					4.22	1.00	2.68	1.13	4.10	0.88	3.10	1.20

Stabw. Standardabweichung

## Anhang B Kenndaten der Verteilungen

These	Basisauswertung				Expertenbewertung				Anzahl Experten
	Bew I		Bew II		Bew I		Bew II		
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	
1.1	4.25	0.74	4.43	0.59	4.50	0.58	4.25	0.50	4
1.2	4.50	0.81	2.96	0.68	5.00	0.00	3.00	0.82	4
1.3	4.15	0.92	3.96	0.93	4.50	0.58	4.50	0.58	4
1.4	3.65	0.98	3.29	0.96	4.67	0.58	3.33	0.58	3
1.5	4.58	0.70	4.52	0.51	4.60	0.75	4.58	0.51	20
1.6	3.81	1.20	4.50	0.71	3.90	1.21	4.50	0.76	20
1.7	3.38	1.02	3.65	0.78	3.33	1.15	4.00	1.41	3
1.8	3.68	0.95	4.14	0.71	3.00	1.00	4.33	1.15	3
1.9	3.77	0.99	4.04	0.82	3.73	1.27	4.27	0.79	11
2.1	3.92	1.19	3.50	0.98	4.14	1.07	3.17	0.98	7
2.2	3.69	1.19	3.36	1.04	3.71	0.99	3.50	0.85	14
2.3	4.24	0.83	3.88	0.88	4.29	0.76	3.57	0.79	7
2.4	3.23	1.24	3.84	0.80	3.75	1.16	3.63	0.92	8
2.5	4.04	0.77	4.50	0.67	4.13	0.35	4.29	0.76	10
2.6	3.87	1.10	4.05	0.92	3.67	1.37	3.40	0.89	7
2.7	3.57	1.12	4.14	0.96	3.71	1.25	4.43	0.79	7
2.8	3.61	1.08	4.10	0.85	3.80	1.30	4.80	0.45	7
2.9	3.70	1.18	3.57	0.93	3.91	1.04	3.82	0.75	14
2.10	4.32	0.99	2.25	0.79	4.25	1.50	2.50	0.58	4
2.11	4.04	0.81	4.26	0.62	4.00	0.94	4.25	0.58	18
3.1	4.09	0.73	4.26	0.81	4.33	0.50	4.11	0.93	10
3.2	2.96	0.98	3.06	0.83	3.18	0.98	3.22	0.67	12
3.3	3.83	0.70	3.56	0.92	3.93	0.62	3.45	0.82	15
3.4	4.38	0.88	2.35	0.83	4.20	0.92	2.50	1.08	10
3.5	3.42	1.21	3.17	0.86	3.50	1.22	3.50	0.55	7
3.6	3.54	1.06	4.32	0.78	3.44	1.13	4.11	0.93	9
3.7	3.92	0.72	4.17	0.72	4.00	0.71	4.11	0.78	9
3.8	3.23	1.11	3.60	0.91	3.67	0.87	3.44	0.90	9
3.9	3.30	1.08	3.31	0.87	3.43	1.51	3.17	1.17	7
3.10	3.57	1.04	4.14	0.65	3.25	1.39	4.43	0.53	10
3.11	2.36	0.95	3.13	0.76	2.53	1.06	3.07	0.88	16

These	Basisauswertung				Expertenbewertung				Anzahl Experten
	Bew I		Bew II		Bew I		Bew II		
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	
3.12	3.48	0.98	3.84	0.69	3.63	1.06	4.00	0.82	10
3.13	4.09	0.90	4.38	0.86	3.89	1.17	4.44	0.73	10
3.14	3.96	1.00	3.35	0.98	3.50	1.38	3.00	0.71	6
3.15	3.68	0.99	3.48	0.85	4.00	1.41	3.50	0.71	2
3.16	4.28	0.94	3.65	0.99	4.33	0.89	3.90	0.99	12
4.1	4.13	0.85	3.63	1.13	4.50	0.55	3.00	0.89	6
4.2	2.81	1.23	3.56	0.58	3.83	0.98	3.67	0.52	6
4.3	3.29	1.30	4.04	0.88	3.50	1.00	4.00	0.82	4
4.4	4.08	1.26	4.12	1.01	4.06	1.39	4.06	1.03	18
4.5	3.32	1.17	3.43	0.60	3.67	1.53	3.33	0.58	3
4.6	3.92	1.10	4.48	0.73	3.71	1.25	4.33	0.52	7
4.7	3.92	1.04	4.17	0.76	4.50	0.58	4.00	0.00	4
5.1	4.08	1.04	4.08	0.93	4.06	1.12	4.00	0.97	16
5.2	3.43	1.16	3.87	0.92	3.71	0.99	3.86	1.03	18
5.3	3.95	0.97	3.95	1.02	3.87	0.92	3.87	1.19	17
5.4	2.96	1.19	3.82	1.14	2.87	1.25	3.73	1.28	16
5.5	3.08	1.21	4.05	1.09	3.00	1.31	3.93	1.16	16
5.6	3.77	0.87	3.85	0.99	3.79	0.89	3.69	1.11	17
5.7	3.09	0.81	3.56	0.98	3.07	0.80	3.33	1.07	17
5.8	3.38	1.20	3.20	0.95	3.14	1.17	2.93	0.92	16
5.9	4.13	0.92	3.29	0.90	4.14	0.66	3.25	1.06	16
5.10	3.09	1.19	3.45	1.06	3.00	1.20	3.60	0.99	18
5.11	2.82	1.18	2.95	0.83	2.50	1.16	2.79	0.80	16
5.12	4.04	1.08	3.57	0.90	4.27	0.96	3.60	0.91	16
5.13	2.82	1.33	4.48	0.81	2.43	1.16	4.38	0.96	16
5.14	4.36	0.73	4.33	0.73	4.36	0.74	4.43	0.65	16
5.15	3.00	1.13	3.80	0.95	3.07	1.14	3.75	0.87	16
5.16	3.67	1.17	3.36	1.05	3.79	0.89	3.00	1.08	16
5.17	4.21	1.02	3.54	1.38	4.50	0.85	3.53	1.36	16
5.18	4.35	0.88	3.47	0.96	4.07	1.00	3.36	0.81	16
5.19	4.19	1.08	3.11	1.10	4.00	1.24	3.27	1.13	16
6.1	4.50	0.51	2.04	0.89	4.50	0.53	2.50	1.08	10
6.2	2.92	1.22	3.88	0.78	3.11	1.05	4.00	0.87	10

These	Basisauswertung				Expertenbewertung				Anzahl Experten
	Bew I		Bew II		Bew I		Bew II		
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	
6.3	3.92	1.06	2.76	0.83	3.80	1.14	2.67	0.71	10
6.4	3.83	1.20	2.52	0.79	3.82	1.25	2.50	0.71	11
6.5	3.96	1.17	2.59	0.91	3.90	1.10	2.78	0.83	10
6.6	4.04	0.89	2.73	0.98	3.90	0.88	2.56	1.01	10
6.7	4.40	1.00	2.87	1.10	4.40	0.97	3.44	1.01	11
6.8	3.96	0.95	3.32	0.95	4.00	0.71	3.57	1.13	10
6.9	4.22	1.00	2.68	1.13	4.10	0.88	3.10	1.20	11

MW: Mittelwert

Stabw: Standardabweichung

## Anhang C Inhaltliche Kommentare zu den Thesen

### Sektorale und technologiebezogene Thesen

#### Sektor PHH

#### Technologie: IuK

These 1.1	Automatische IT-gestützte Steuerung von Gebäudeheizung, -kühlung und sonstigem Betrieb ermöglicht im Einzelfall ohne explizite Betriebsveränderung, energetische Sanierung oder Anlageninvestitionen 6 % Energieeinsparung. Ab ca. 2010 mit einfach implementierbarer Technologie (es müssen keine aufwändigen Bussysteme mehr verkabelt werden) breit verfügbar.
-----------	---

Kommentare:

*Gebäude sind häufig solch komplexe Systeme, dass einfache Steuer- und Regelungssysteme nicht allzuviel bringen werden. Komplexere Steuer- und Regelungsmechanismen sind dennoch häufig betriebswirtschaftl. rentabel.*

*Alles wireless? Dann müsste man die security-Probleme aber vorher lösen. Nicht unmöglich, aber auch nicht einfach.*

These 1.2	Haus und Leben sind vernetzt; Besorgungen werden online getätigt; Auswirkungen auf Mobilitätsverhalten und -bedürfnisse führen zwar zu starken Veränderungen, sind aber energetisch nicht signifikant (verstärkt ab 2015).
-----------	--

Kommentare:

*Widerspricht dem sozialen Verhalten des Menschen*

*Induziert möglicherweise mehr Verbrauch: shopping, ohne zu kaufen; Warentransport per Versand.*

*Ja, ich glaube auch, dass der Mensch seine Homöostase im Bezug auf Mobilität beibehält. Schon heute wird oft kürzer aber dafür weiter weg Urlaub gemacht.*

*Einsparungen werden durch mehr Freizeitmobilität kompensiert (Suche nach Abenteuer ausserhalb der Berufswelt schon heute sichtbar)*

*Dass die Online-Welt Realität wird, scheint mir für ca. 30 % der Bevölkerung sehr wahrscheinlich; entgegen der These ist das aber energetisch signifikant und zwar mit dem falschen Vorzeichen, aber mengenmässig nicht sehr ausgeprägt*

These 1.3	Der Stromeinkauf wird entsprechend bestimmter tariflicher oder sonstiger Anreizinstrumente automatisch und in Echtzeit getätigt (bei bestimmten günstigen Preisen wird z.B. die Tiefkühltruhe „geladen“ (demand side management, Einbeziehung von mehr stochastischen Erneuerbaren Energien ins System). Erste signifikante Anwendungen ab 2015, deutliche Durchdringung ab 2025.
-----------	---

Kommentare:

*Optimierung besser zentral durchführen, Ziel der Leistungssenkung wird nicht erreicht*

*Sinnvoll in erster Linie für die Anbieter, da es dort Lastmanagement erleichtert und ggf. Zubaukapazitäten einspart bzw. zumindest zeitlich hinauszögert. Für Anwender evtl. geringere Kosten. Lastabhängige Tarife bzw. lastabhängige Verbrauchssteuerung setzt neue Zählerinfrastruktur in Haushaltsbereich voraus. Steuerung muss automatisch (in Abhängigkeit von definierten Tarifierfordernungen) erfolgen.*

*Unterstützt durch allgegenwärtige embedded chips*

*Keine Einsparung an Arbeit (kWh)*

*Geht vermutlich schneller*

*Geringere Kosten führen zu höherem Verbrauch*

### Technologie: Nano und Mikro

These 1.4	Nie mehr Fensterputzen durch Lotus-Effekt! Fensterglasbeschichtungen bei Neufenstern ab 2020 serienmässig.
-----------	--

Kommentare:

*Verringert nur menschliche Arbeit;*

*Kosten?*

These 1.5	Beleuchtung (LED und Folgetechnologien wie Direktleiter, Lichtlenksysteme etc.) kann eine grosse Rolle in der Einsparung spielen – ab 2015 sichtbar, ab 2020 im Einzelfall Einsparungen bis zu 80 %.
-----------	--

Kommentare:

These 1.6	Vakuumdämmung wird 2020 serienreif. Flächendeckend werden dadurch Minergie- und tiefere Standards auch bei den Sanierungen breit durchgesetzt. Fenster ziehen nach.
-----------	---

Kommentare:

*VIP serienreif ja, Durchsetzung im Sanierungsbereich schwierig wegen notwendiger Massanfertigung.*

*Vakuumdämmung per se nicht das Problem, Wärmebrücken und Montage der Dämmung sind wahrscheinlich die Engpässe. Breite Anwendung eher etwas später.*

*Aber lüften muss man trotzdem...*

*Zu aufwändig für Serientechnik, Zusatznutzen gering gegenüber Zusatzkosten*

*Energiebilanz von Dämmsystemen immer kritisch zu prüfen, wann amortisiert sich das energetisch?*

*Schwierige Technologie*

These 1.7	Funktionstextilien reduzieren Wärme-/Kühlbedarf (ab 2030, signifikant erst ab 2040).
-----------	--

Kommentare:

*Funktionstextilien im Gebäudebau, aber nicht als Kleidung zur Leistungsreduktion*

*Akzeptanz möglicherweise Generationenproblem, gehört dann vielleicht zum life style*

*Wird es wahrscheinlich geben, ob es signifikant wird...?*

*Kalte Finger oder drinnen Handschuhe tragen will trotzdem keiner.*

*Menschliches Verhaltensmuster wird dem auch langfristig entgegenstehen*

*Schon früher, deshalb wahrscheinlich nicht*

*Die Textilien wird es geben, aber ich werde trotzdem weiter heizen*

*Gesellschaftliche Akzeptanz? Derzeit geht der Trend eher zu leichter Bekleidung in höher geheizten Innenräumen im Winter, nicht zum "Wollpullover".*

These 1.8	Funktionstextilien führen zu wasser- und energiearmen Reinigungsverfahren (ab 2030, signifikant erst ab 2040).
-----------	--

Kommentare:

*Viel früher*

These 1.9	Automatische Verschattung durch schaltbare Beschichtungen von Fensterglas reduziert den Trend zur Kühlung. Serienmässig in Neubauten ab 2015.
-----------	---

Kommentare:

*Helligkeitsgesteuerte Lichtdurchlassgrade von Fenstern*

*Eher 2020/2025?*

*Aufwand für Herstellung/Wartung*

**Sektor DL**

**Technologie: IuK**

These 2.1	Der Anteil an „virtuellen“ Arbeitsplätzen erhöht sich signifikant. In der Folge verschieben sich Arbeitsplatzflächen aus dem Dienstleistungs-Sektor in den Sektor PHH und in den öffentlichen Raum, z.B. Lounges mit Arbeitszonen an Verkehrsknotenpunkten, öffentliche Gebäude etc. Dieser Trend wird ab 2020 sichtbar und betrifft ab 2030 ca. 10 – 25 % der Flächen in verwaltungs- und wissensorientierten Dienstleistungsbranchen.
-----------	---

Kommentare: *Widerspricht dem menschlichen Verhalten*

These 2.2	Die räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Arbeit insbesondere in den wissens- und verwaltungsorientierten Dienstleistungsbranchen führt zu einer Verstetigung in der zeitlichen Nutzung der verbleibenden Flächen. Gebäude „laufen rund um die Uhr“. Das beginnt bereits heute und wird ab 2020 deutlich sichtbar (ca. 5 - 10 % des entsprechenden Bestandes).
-----------	---

Kommentare: *"Rund um die Uhr" bedeutet länger Heiz-/Klimatisierungszeiten. nur bei entsprechender Flächeneinsparung pro Beschäftigten ergeben sich einsparende Wirkungen.*

These 2.3	Im Einzelfall sind Flächeneinsparungen durch „virtuelle Arbeitsplätze“ von ca. 20 % denkbar (etwa ab 2020).
-----------	---

Kommentare: *Virtuell i.S. von physisch nicht (mehr) verfügbar? ja, wenn sich 2 oder mehr Personen einen physischen Arbeitsplatz am Firmenstandort teilen und einen Teil der Arbeitszeit zuhause oder auf Reisen ableisten.*

*Der Trend zum Home Office und selbst im Büro Schreibtisch-on-demand ist jetzt schon da*

*Nicht nur im Einzelfall, sondern weit verbreitet*

*Im Einzelfall ja, dagegen wird aber Platz und Energie zuhause genutzt*

*Getrieben durch allgemeine Flächenkosten.*

*Ist Energie der Treiber?*

*Direkte Kommunikation wird wichtig bleiben*

These 2.4	Das papierlose Büro, welches aber elektronisches Papier nutzt, kann ab 2030 zu erheblichen Einsparungen, vor allem durch den Aufwand in Papierindustrie und Logistik, führen.
-----------	---

Kommentare: *Das papierlose Büro wird es nicht geben, aber das papierärmere Büro. "was du schwarz auf weiss besitzt, kannst du getrost nach Hause tragen".*

*Ich glaube die Unveränderbarkeit von echtem Papier sichert ihm einen bleibenden Anteil für viele Anwendungen.*

*Papierloses Büro vielfach angekündigt, aber noch lange nicht absehbar*

*Kommt schneller, insofern nicht wahrscheinlich*

*Das edv-technisch ausgestattete Büro führt zu rund um die Uhr betriebenen Grundlastverbräuchen*

*Bislang noch nie Reduzierung Papierverbrauch.*

*Trotz IT hat Papierverbrauch nicht wesentlich abgenommen.*

*Zeitungen/Vorlagen usw. wird es weiter auf Papier geben*

*Bumerangeffekt*

*Derzeit Trend zurück zu Papier*

### Technologie: Nano und Mikro

These 2.5	Reaktive und schaltbare Beschichtungen von Fenstergläsern führen zu einer Reduktion des sommerlichen Kühlungsbedarfs klassischer Dienstleistungsgebäude auf 20 %. (ab 2030 serienmässig).
-----------	---

Kommentare:

*Sich selbst tönende Fensterscheiben, abhängig von der Bestrahlungsintensität, existieren bereits im Labor. Vermutlich werden diese in den nächsten 5-10 Jahren auf den Markt kommen und zunächst im Handel/Dienstleistungen/Industrielle Verwaltung und erst später im Haushaltsbereich (Reduktion sommerlicher Kühlungsbedarf) eingesetzt werden.*

*Potential zu hoch! Wer kühlt denn dann die Technische Ausstattung der Gebäude weg?*

These 2.6	Optoelektronische Bauteile werden ab 2015 serienmässig in alle Rechner und storage devices eingebaut; sie erhöhen damit die Volumenleistung bei reduzierter spezifischer Energieaufnahme und Abwärme.
-----------	---

*Möglicherweise schon früher*

*Sehe ich nicht als wahrscheinlich für 2015 an, und wenn, dann nur bei high performance Anwendungen, nicht flächendeckend. Peripheriegeräte bleiben elektronisch. Viele Probleme sind sowieso IO und nicht CPU-limitiert.*

*Glaube ich eigentlich nicht, energetische Implikationen unklar*

*Minor contribution; feels good to do this*

These 2.7	Bildschirme werden durch Visoren ersetzt, deren Leistungsaufnahme nur noch im Promillebereich der jetzigen Flachbildschirme liegt (ab 2015 sichtbar, ab 2025 serienmässig).
-----------	---

Kommentare:

*Aber nicht in allen Anwendungsbereichen, möglicherweise für nächste Generation, Frage des "life styles"*

*Effizienz der Visoren kann ich nicht beurteilen*

*Technisch machbar, aber ob die Leute das wollen?*

*Einschränkung: "zum Teil ersetzt"*

*IT ist nicht wesentlicher Stromkonsument im HH*

These 2.8	Bei den medizinischen Dienstleistungen führen neue Verfahren der Sterilisation zu dramatischer Reduzierung des Dampf- und Wärmebedarfs (ab 2020).
-----------	---

Kommentare:

*Selbst wenn, wie viel macht das am Gesamtbedarf schon aus?*

*Dampferzeugung in Krankenhäusern wird es vermutlich ab 2015 schon nicht mehr geben*

*Kein nennenswerter Anteil am Energieverbrauch. Neue Verfahren brauchen Strom statt Dampf.*

*Welche Einsparungen total?*

These 2.9	Neue medizinische Techniken, ausgefeilte massgeschneiderte Behandlungskonzepte führen zu zunehmend individueller und nichtstationärer Behandlung. Die Hospitalisierungsrate und –zeit nimmt ab; Reduzierung von Spital- und Pflegeplätzen. (-20 % in 2030, -40 % in 2050).
-----------	--

Kommentare:

*Individuelle (dezentrale) Behandlung senkt Effizienz*

*Gesundheitsmarkt ist traditionsreicher Markt. Veränderungen brauchen viel Zeit.*

*Spitalplätze nehmen ab, Pflegeplätze nehmen zu*

*In Konsequenz durch demographische Entwicklung kompensiert.*

*Treiber: Kostendruck, Restrukturierung; Anti-Treiber: Alterung, steigende Bedürfnisse*

*Wird passieren, aber durch die demographische Entwicklung wird der Effekt aufgehoben*

These 2.10	Die technologische Basis für die Informationsverarbeitung wird zwar weiterhin, z. T. in Sprüngen, effizienter, jedoch wachsen die Datenströme, Kapazitäten und Speicherleistungen mindestens im gleichen Masse. Der insgesamt für Datenverarbeitung bereitzustellende Energieaufwand bleibt daher konstant oder wächst sogar.
------------	---

Kommentare:

*Wenn, dann wird der Energieaufwand nur langfristig sinken, wenn die menschlichen Aufnahme- und Verarbeitungskapazitäten in die Sättigung laufen .*

*Definitiv ja. In mir bekannten Rechenzentren wächst der Stromverbrauch. Und: die SW wird schneller langsam, als die HW schneller (Reisners Gesetz).*

*Zielführend nur, wenn Datenverkehr, Warenverkehr, Transport etc. einspart.*

These 2.11	Biogene Brenn- und Treibstoffe – massgeschneiderte Produktion ab 2015
------------	---

Kommentare:

*Werden kommen, evtl. schon früher. Abklärungsbedarf ethischer Fragen.*

*Keine direkte Energie Vermeidung, aber CO2*

*Sounds like a marketing ploy*

*Was heisst massgeschneidert? Ist Treibstoff ein hochwertiges Produkt?*

*Hier beginnt der Kampf um die biogenen Stoffe!*

## Sektor Industrie

### Technologie: IuK

These 3.1	Massgeschneiderte Produktionsüberwachung ermöglicht hohe Effizienz und Produktion „on demand“. Spezifischer Effekt 10 – 15% je nach Branche. Ab 2030 durchgängig.
-----------	---

Kommentare:

*Wahrscheinlich nicht ab 2030 flächendeckend, für bestimmte (einfache Güter) Bereiche ja, nicht für komplexe Produkte. Volkswirtschaftlich werden vermutlich eher Transport- als Produktionskosten gespart. Reduziert Lagerproblematik.*

*Der Trend geht dahin (RFid in der Logistik machen Computer 'sehend', realtime statt batch EDV). Erhöhtes Risiko durch mehr Verkettung bildet eine Schranke der on-demand Integration. Noch effizientere Produktion umweltschädlicher Güter ist allerdings gerade nicht zieführend.*

*Der zentrale Aspekt der These ist unklar: Produktionsüberwachung spart wohl grundsätzlich Energie, Produktion "on demand" ist vermutlich eher neutral oder leicht kontraproduktiv.*

These 3.2	„dezentrale Produktion“ wird ab 2040 zur Nischenoption: es werden nur noch „Blaupausen“ verschickt, die Produktionseinheit besorgt sich ihre Rohstoffe nach Bedarf selbst.
-----------	--

Kommentare:

*Zentrale Produktion meist effizienter*

*Wenn die Produktion dezentral erfolgt, kann es sich nicht um Nischenproduktion handeln. Dass sich jeder alles selber produziert, glaube ich nicht, auch nicht in 2050.*

*Materiecompiler a la 'Diamond Age'? Ob das energieeffizienter als Grossanlagen ist?*

*In dieser Formulierung (Option): sehr wahrscheinlich*

*Auswirkungen nicht vorhersehbar*

*Logistik?*

These 3.3	Struktureffekt in zwei Richtungen: Export von energie- und arbeitsintensiver Produktion (blue collar) verstärkt sich bis 2020; Reimport von kognitiv anspruchsvollen Arbeitsplätzen (FuE), die dann in der sektoralen Zuordnung eher den Dienstleistungen zugerechnet werden. (Einsparung im Einzelfall zwischen 5 und 50 %, erst nach Kohortenrechnungen entscheidbar).
-----------	--

Kommentare:

*Von dem, was verlagert ist, kommt nur ein kleiner Teil, zurück. Und das nur dann, wenn auch die Absatzmärkte die Rückholung nahe legen. Effekte lassen sich ohne weitere Annahmen/Hypothesen nicht quantifizieren.*

*Erster Aspekt ja, zweiter wohl eher nicht.*

*First statement will certainly happen. second item may or may not happen. Reimport could go to many other places.*

*= leakage*

*Probleme sind mangelnde Umweltstandards in den Entwicklungsländern*

### Technologie: Nano und Mikro

These 3.4	Industrielle Produktion wird allgemein zunehmend automatisiert, niedrig qualifizierte und rein produktionsbezogene Arbeitsplätze fallen ersatzlos weg
-----------	---

Kommentare:

*Mindert Brennstoffverbrauch, erhöht Stromnachfrage.*

*Kontraproduktiv im Sinne sozialer Nachhaltigkeit*

These 3.5	Ersatz von Stahl durch „massgeschneiderte“ Spezialwerkstoffe bleibt bis 2050 in Nischenanwendungen.
-----------	---

Kommentare:

*Werkstoffsubstitution (aus dem Stahl, in den Stahl) permanenter Prozess. Vermutlich wächst das Gewinnpotential für (massgeschneiderten) Stahl ebenso wie das Verlustpotential an andere bestehende und neue Werkstoffe*

*Mehr als Nischenanwendungen*

*Stahl bleibt wichtig in emerging economies, in der Schweiz wird er zunehmend ersetzt*

These 3.6	Katalytische und biokatalytische Prozesse senken den spezifischen Energieaufwand je Produktionseinheit erheblich (um bis zu 80 %), insbesondere bei Chemie- und Nahrungsmittelproduktion, z. T. auch Metallurgie
-----------	--

Kommentare:

*Teilweise sind die energetischen Einsparungen mit notwendigen Produktionsflächenexpansionen verbunden. nettoeinsparung deutlich kleiner.*

*Part 1 will happen, but the energy savings will not be "erheblich"*

These 3.7	Nano-Membranen unterstützen Trenn- und osmotische Prozesse (ab 2030). Der Material- und Energieaufwand kann sich signifikant verringern
-----------	---

Kommentare: *Signifikante Einsparungen vielleicht erst später, setzt Massenmärkte voraus.*

*Two statements, which do not have the same answers...*

These 3.8	An die Stelle mechanischer und thermischer Bearbeitungsverfahren treten nanobiotechnologische Verfahren, die z.B. dazu führen, dass Werkstücke in Form „wachsen“ und nicht mehr geschnitten oder geschliffen werden müssen (ab 2040 in Nischenanwendungen).
-----------	---

Kommentare: *Diese Anwendung könnte durch das 3-D-Drucken von Werkstücken verzögert werden.*

*Es wird schwierig sein, kleine Toleranzen und geometrische Formen so zu erzeugen.*

*Das "bio" muss man streichen*

These 3.9	Hightech- Produktionsverfahren in der Spezialitätenchemie führt zu weiterer Wertschöpfung und weiterem Wachstum der Branche. Z.B. werden ausgelagerte Produktionskapazitäten mit neuen Verfahren und neuen „Endprodukten“ wieder „zurückgeholt“ (Trend ab 2030 sichtbar).
-----------	---

Kommentare: *Möglich, wenn die Rahmenbedingungen stimmen. Neue Produktionsverfahren und Endprodukte auch in der Verlagerungsländern denkbar.*

*Ich glaube nicht, dass etwas "zurückgeholt" werden muss, die CH-Chemie ist eine Spezialitäten-Chemie*

*V. a. auch weil Umweltstandards in Entwicklungsländern ansteigen*

These 3.10	Reibungsarme Oberflächen reduzieren Energieverluste in Produktionsprozessen erheblich. (ab 2025)
------------	--

Kommentare: *Tribologie spielt bereits heute eine grosse Rolle. Permanenter Prozess, möglicherweise durch Nanowerkstofftechnik von wachsender Bedeutung.*

These 3.11	Designer-Food: Lebensmittelerzeugung wird hochindividuell und zunehmend dezentral, Nahrungsmitteln werden z.B. individuell notwendige Spurenelemente, Enzyme etc. beigemischt. Verfahren werden vor allem biotechnisch und katalytisch, was den spezifischen Energieaufwand je erzeugter Einheit mindestens um einen Faktor 2 reduziert. Ab 2025
------------	--

Kommentare: *Das werden sich nur wenige leisten können*

*Verhaltensmuster sprechen dagegen*

*Designer Food im geschilderten Sinn wird kommen, aber keine Reduktion des spezifischen Aufwandes*

*Das spezielle Restaurant mit besonderem Flair gewinnt an Bedeutung  
Part 1 will happen, but the savings of a factor 2 will not.*

These 3.12	Neue Beschichtungsverfahren für massgeschneiderte Oberflächen reduzieren den spezifischen Energieaufwand erheblich (-40 % im Einzelfall, ab 2025)
------------	---

Kommentare: *Im Einzelfall wohl möglich, im Mittel aber wohl eher deutlich weniger.*

### Technologie: Bio

These 3.13	Sowohl in der Grundstoffchemie als auch in der Spezialitätenchemie werden vermehrt biotechnologische Verfahren angewendet (Bakterien, Enzyme, Zellen als Produktionseinheiten), was z. T. den Energieaufwand dramatisch reduziert (um Faktor 20, Gesamtreduktion etwas weniger). Ab 2015 Anwendungen in Spezialfällen, ab 2030 durchgängig
------------	--

Kommentare: *Energieproduktion günstiger*

*Anwendungen vermutlich zumindest zu Beginn im Spezialitätenbereich (ohne gross spürbare Energieeinsparung). Relevante Einsparungen nur dann, wenn grosstechnisch und mit relevanten Produktionsvolumina verbunden.*

*Extremophile Archaea kombiniert mit Gentechnik sollten da einiges möglich machen*

These 3.14	Sowohl bei der Produktion als auch bei der Verarbeitung von Lebensmitteln sind ab 2030 massgeschneiderte biotechnologische Verfahren an der Tagesordnung.
------------	---

Kommentare: *Verhaltensmuster sprechen dagegen*

These 3.15	Darreichungsformen von Medikamenten werden so ausgefeilt, dass die Wirkstoffe nahezu verlustfrei an ihren Wirkungsorten „ankommen“. Dadurch verringern sich die erzeugten und verarbeiteten Wirkstoffmengen (und in Folge dessen der entsprechende Energieeinsatz) erheblich, bis 2035 z. T. bis zu 80 %
------------	--

Kommentare: *Einsparwirkung fraglich, da die Wirkstoffe schon heute nur einen sehr kleinen Teil der Gesamtmenge der/des "Arznei/Medikaments" ausmachen.*

*Erster Teil der These stimmt; es geht aber deutlich schneller, Bedeutung für Energieeinsatz unklar, wohl aber Reduktion anzunehmen*

*Effekt wird durch demographische Entwicklung aufgehoben*

These 3.16	Die Durchdringung und Umstellung der industriellen Prozesse mit revolutionär neuen Technologien erfolgt stetig und evolutionär – bis 2050 ist noch kein Zweig vollständig auf rein bio- oder nanotechnologische Produktionsmethoden umgestellt.
------------	---

Kommentare: *Ich denke, dass diese Umstellung erstens kommt und zweitens Energie spart*

## Sektor Verkehr

### Technologie: IuK

These 4.1	Durch Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit Leitstellen werden die Verkehrsflüsse optimiert, die Infrastruktur besser ausgenutzt und die spezifischen Verbräuche abgesenkt. (Einsparungen im Einzelfall je Weg 10 - 20 %, stärkere Durchdringung ab 2020).
-----------	---

Kommentare: *Schlussfolgerung ist m. E. falsch*

*Einsparungen eher kleiner, solange der Fahrer noch massgeblichen Einfluss auf das Gaspedal hat.*

*Der Autofahrer lässt sich die Freiheit beim Autofahren nur gering entnehmen.*

*Aber durch selbstorganisierte Kritizität hält sich das Verkehrssystem trotzdem immer am Rande des gerade noch möglichen...*

*Einsparungen durch Zunahme Freizeit kompensiert*

*Hängt von Akzeptanz bei Autokäufern ab. Bisher meist Kompensation verbesserter Flüsse durch mehr Verkehr.*

*Durch besseren Individualverkehr werden weniger Personen auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen*

*Bumerangeffekt durch Zunahme des Verkehrs*

These 4.2	Das Fahrzeug – oder das Haus – übernimmt die Mobilitätsberatung und wählt für einen gewünschten Weg das ideale Verkehrsmittel. Ab 2025
-----------	--

Kommentare: *Widerspricht dem sozialen Verhalten der Menschen*

*Es könnte dies allenfalls vorschlagen, aber nicht übernehmen. Zu viel Fremdbestimmung.*

*Einsparungen durch Freizeitmobilität kompensiert*

These 4.3	Verschiebung der Intermodalität im Güterverkehr: Aufgrund von Steuerungs- und Anreizsystemen wird - von Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt - die unter betriebswirtschaftlichen Zeit- und Kostenaspekten ideale Verkehrsträgerkombination für das individuelle Transportproblem gefunden. Da der Druck hier grösser ist, setzen sich solche Systeme bereits ab 2015 sichtbar durch
-----------	--

Kommentare:

*Optimierung = dynamischer Prozess ohne Ende; betriebswirtschaftliches Optimum nicht gleich volkswirtschaftlichem Optimum.*

*Effizienz nimmt zu, Nachfrage auch*

*Grossräumiger Abbau bestehender (Strassen-)Infrastruktur unwahrscheinlich; gilt z.B. auch für Umstellung Bahnstrom auf Allgemeinstrom (was Versorgungssicherheit wesentlich steigern würde)*

*Hier meine ich etwas zwischen bedingt und sehr zielführend*

*Eine "ideale" Kombination wird sicher nicht gefunden, aber eine immer akzeptablere*

*Individualität wird grösser, Optimierung nicht zu lösen*

These 4.4	Elektrizitäts-Lastmanagement durch pricing – Reduktionen von Spitzenlasten in allen Modi ==> effizientere Anlagen- und Infrastrukturauslastung (ca. 20 % ab 2025).
-----------	--

Kommentare:

*Auslastung reduziert*

*Allgegenwärtige embedded computer werden das möglich machen, und dieser Trend finanziert und verstärkt sich selbst*

*Load shifting, load shaping aber keine Einsparung von Arbeit (kWh)*

*Die 20 % sind mir zu gross*

*Erlaubt höhere Erneuerbaren-Anteile.*

*Wahrscheinlich lediglich Kostenoptimierung*

### Technologie: Nano und Mikro

These 4.5	Nie wieder Auto waschen durch Lotuseffekt. Ab 2025
-----------	--

Kommentare:

*Nie mehr Fahrradkette ölen wäre mir wichtiger!*

*Weniger für Privatleute*

These 4.6	Neue Leichtbauwerkstoffe für Fahrzeuge verringern den Energieverbrauch sowohl bei der Herstellung als auch beim Fahren drastisch (Faktor 4, ab 2030).
-----------	---

Kommentare:

*Eher unwahrscheinlich, da hierzu total anderes Energieverständnis (Fahrzeug nicht als Statussymbol) nötig.*

*Aber das schwerere Auto ist beim Zusammenstoss trotzdem im Vorteil !*

*Bei Herstellung nicht energiesparend, nur bei Nutzung. Aber nicht um Faktor 4, geht schon vom cw-Wert her nicht.*

*Durch besseren Individualverkehr werden weniger Personen auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen*

These 4.7	Einsparungen durch Reifenoptimierung (ca. -10%, ab 2015)
-----------	--

Kommentare: *Permanenter Prozess, Leichtlaufreifen gibt es schon, werden aber nicht akzeptiert (zu schmal)*

*Branche ist handlungsbereit; Potenzial ist vorhanden( 20% entfällt auf Rollwiderstand); erfordert noch harmonisierte Testverfahren und Normen*

*Optimierung geht derzeit Richtung Schall.*

*Durch besseren Individualverkehr werden weniger Personen auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen*

## Bereich Erzeugung

### Technologie: Bio

These 5.1	Massgeschneiderte biogene Brenn- und Treibstoffe aus den unterschiedlichsten Ausgangsprodukten (Direktanbau, Abfallstoffe) durchdringen den Markt mit sichtbaren Anteilen (ab 2020).
-----------	--

Kommentare: *Verdrängen Nahrungsmittelproduktion und Senken die Leistung nicht*

*Kommt, auch über Importe*

*In der Schweiz - in Europa und Ländern wie Brasilien (dort schon heute!) sehr wahrscheinlich*

*Mindert zwar nicht den Verbrauch selbst, aber die Abh. von Primärenergie*

*This makes a contribution, but for a small country, the total contribution will remain small; almost symbolic*

*Marktanteil nicht über 20%*

*Dezentral, dadurch Infrastrukturthema*

These 5.2	Biologische Direktstromerzeugung. Aus Licht, aus Potenzial- und Konzentrationsgradienten, v. a. durch massgeschneiderte Bakterien und Algen, aus dem Pilotstadium in 2030 heraus, systematische Anwendung in den entsprechenden Nischen erst bis 2050
-----------	---

Kommentare: *Verhindert effizienteres Sparen;*

*Biologische Produktionsverfahren kommen früher.*

*Einsammelproblem*

*Fun to work on. PV is likely to be significantly more efficient, however*

*Dies reduziert die verfügbare Biomasse*

*Nebeneffekte unkalkulierbar*

These 5.3	Biologische Erzeugung von molekularem Wasserstoff mit Bakterien, Algen, Enzymen oder massgeschneiderten Zellen: Im Pilotmassstab ab 2035, in einzelnen Nischenanwendungen in Europa und weltweit (nicht grosstechnisch) bis 2050 sichtbar
-----------	---

Kommentare:

*Evtl. schon früher*

*Nicht nur biologische, sondern bedeutender: direkte photochemische Erzeugung aus Wasser mit Sonnenlicht!*

*Man wird das "technisch", nicht "biologisch" machen, aber grosstechnisch*

**Technologie: Nano und Mikro**

These 5.4	Erzeugung von molekularem Wasserstoff durch nanotechnologische katalytische Prozesse (grosstechnisch evtl. im Sonnengürtel der Erde), ab 2030.
-----------	--

Kommentare:

*H2 muss an Verbrauchszentren geleitet werden*

*Evtl. sogar früher, aber es wird extrem schwierig, neue Wasserstoff-Infrastruktur aufzubauen.*

*Geopolitische Risiken und Konflikte sprechen dagegen*

*Sounds good, but this is rather vague*

These 5.5	Grosstechnische globale H <sub>2</sub> -Produktion (im Sonnengürtel der Erde; ab 2030)
-----------	--

Kommentare:

*H2 muss an Verbrauchszentren geleitet werden*

*Wenn Öl-/Gasländer/Öl-/Gasfirmen damit anfangen, Ersatz für Öl/Gas zu suchen. Produktionsstandorte (Wasser, Sonne, Sand) sind begrenzt.*

*Geopolitische Risiken*

*Weshalb nicht Strom?*

These 5.6	Mikro- und nanotechnologisch hergestellte Werkstoffe für Brennstoffzellen (Membranen, Leiter, Katalysatoren, Reformermaterialien) führen ab 2020 zu deutlichen Kostendegressionen insbesondere für den portablen Bereich.
-----------	---

Kommentare:

*Verleitet zum Verbrauch*

*Portable Brennstoffzellen für Kleinanwendungen (z.B. Akku-Ersatz von Handy, Foto-/Video-Apparat kommen vermutlich vor 2015.*

*Vielleicht ... Zielführung unklar*

*Erzeugt neue Anwendungsfelder*

These 5.7	Mikro- und nanotechnologisch erzeugte H <sub>2</sub> -Speicher ermöglichen ab 2035 den Beginn des Aufbaus einer Direkt- H <sub>2</sub> -Logistik
-----------	--

Kommentare: *Aufbau komplett neuer Infrastruktur muss zumindest europa- oder gar weltweit in Angriff genommen werden.*

*Abbau bestehender Gas- und Stromnetze und Aufbau H<sub>2</sub>-Logistik sehr schwierig; eher ab 2050 als schon 2035*

These 5.8	Minimikro-Gasturbinen werden ab 2030 zur Alternativen Klein-Energietechnik als Konkurrenz zur Brennstoffzelle, sogar für den portablen Bereich
-----------	--

Kommentare: *Je fester die Brennstoffzelle im Markt sitzt, desto geringer die Chance für neue Technik, wenn diese nicht wesentliche Vorteile bringt.*

*Minimikro-Gasturbine: ja; Konkurrenz zur BZ: gibt es dann grossen Einsatz von BZ?*

These 5.9	Für mikroskopisch kleine technische Anwendungen (z.B. medizinische Chips, spezielle Sensoren und spezialisierte Kommunikation zwischen Maschinen) werden miniaturisierte Energiequellen und -speicher entwickelt. Ab 2030 Pilotphase.
-----------	---

Kommentare: *Denkbar, jedoch in meinen Augen ohne energetische Relevanz.*

*Schon bald verfügbar bzw. schon verfügbar*

### **Brennstoffzellen**

These 5.10	Portable Anwendungen von Brennstoffzellen auf Methan/Methanolbasis durchdringen ab 2010 verstärkt den Laptop / Handy / Medienbereich.
------------	---

Kommentare: *Später!! Was ist der Mehrwert??*

*Verstärkte Nutzung der Geräte*

These 5.11	Portable Anwendungen von Brennstoffzellen auf Methanol- und Methanbasis erfahren eine Konkurrenz durch miniaturisierte Gasturbinen, ebenfalls auf Methanbasis, ab 2010/2015.
------------	--

Kommentare: *Je fester die Brennstoffzelle im Markt sitzt, desto geringer die Chance für neue Technik, wenn diese nicht wesentliche Vorteile bringt.*

*Portabel wohl kein ideales Einsatzfeld für Mikro-GT*

These 5.12	Brennstoffzellen bei Strassenfahrzeugen erst ab 2025 in Kleinserie.
------------	---

Kommentare:

*In Kleinserien vermutlich etwas früher (zwischen 2010 und 2015), Serienfertigung nicht vor 2025 (8-10 Tsd Verkäufe pro Jahr)*

*Das H2-Versorgungsnetz muss ja erst aufgebaut werden.*

*Eher Biotreibstoffe und Synfuel aus Kohle*

*Kommt viel früher und sehr viel häufiger*

*Hängt von Wasserstoffproduktion ab*

*Früher zu erwarten*

These 5.13	Die Stromwirkungsgrade stationärer Brennstoffzellen sind auf 90 %+ steigerbar
------------	---

Kommentare:

*Falls grundsätzliche Probleme gelöst werden, dann siehe ich max. Wirkungsgrade trotzdem eher bei 70 bis 80 %*

*Direktwandlung von elektrochemischer in elektrische Energie ohne Wirkungsgradverlust?*

These 5.14	Betrieb stationärer Brennstoffzellen mit biogenem Methan und Methanol wird ab 2030 serienreif.
------------	--

Kommentare:

*Evtl. schon früher*

*Brennstoffzellen werden an sich im grossen Stil kommen*

*Woher Methan / Methanol?? in grossen Mengen*

These 5.15	In miniaturisierten Produkten, Hochleistungsrechnern, Spezialgeräten etc. wird Supraleitung als verlust- und wärmearme Möglichkeit zum Elektrizitätstransport ab 2015 verstärkt eingesetzt
------------	--

Kommentare:

*Nicht spezialisierte Anwendungen in der Breite erst, wenn Supraleitung bei Raumtemperatur funktioniert. Vorher nur Spezialfälle, bei denen es sich rechnet.*

*Eher 2020/2025?*

*Vielleicht nicht in mobilen und miniaturisierten Produkten, aber bestimmt bei spezielleren Anwendungen.*

*Im Kernspintomographen Standard. In Elektronik nie. In energietechnischen Anwendungen (Spezialmotore) vielleicht.*

*Aufwand für Kühlung?*

These 5.16	Für die grosstechnische Stromübertragung spielt Supraleitung bis 2050 keine Rolle.
------------	--

Kommentare:

*Annahme: Supraleitung auf Basis von Hochtemperatursupraleitern*

*Evtl. im Rahmen von Netzsicherheitsüberlegungen relevant (unterirdische Leitungen erleichtern die Supraleitung), zunächst auf back bones begrenzt, und nur dann, wenn keine tiefen Temperaturen für Supraleitung nötig sind..*

*Ich glaube schon, dass bis 2050 Supraleitung seine Versprechen einlösen kann.*

*Einfach, damit das klar ist: ich glaube dass das kommt, also ist die Aussage wahrscheinlich falsch; insofern ist die Supraleitung auch sehr zielführend*

*Übertragungsverluste sind heute schon z.B. bei HVDC vergleichsweise gering.*

*How does one score "Zielfuehrend" for a negative statement? My response is that Supraleitung could be somewhat important, but it is not likely to happen by 2050*

*Nur aus der Perspektive Europa und grösser Zielführend*

## CO<sub>2</sub>

These 5.17	Ab 2035 gibt es CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -lagerung bei (Kombi-) Grosskraftwerken serienmässig
------------	---

Kommentare:

*Machbar, aber vermutlich auch 2035 noch teuer; Massnahme nicht zielführend im Sinne der Verbrauchsvermeidung.*

*Vermutlich gibt es keine thermodynamisch stabile CO<sub>2</sub> Lagerung, so dass das Problem hinausgeschoben wird. Aber als big technology Lösung scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass die Industrie es erfolgreich lancieren kann.*

*Keine Lagerung in CH*

*Indirekt zielführend, da diese Technik ein hohes Energiepreinsniveau induziert*

*Sounds good, but it is the wrong solution to the problem. Here too, we will run into limits, and will then still have to stop (or reduce massively), our CO<sub>2</sub> output.*

*Speicher nur bedingt verfügbar, Transport teuer*

These 5.18	Die globalen Risiken der CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -lagerung rücken bis 2030 stärker in den Blick. Technikfolgenabschätzungen bringen keine eindeutigen Ergebnisse und keine Entwarnung.
------------	---

Kommentare:

*CO<sub>2</sub> Lagerung bedingt Akzeptanz und reduziert die Leistung nicht*

*Sequestrierung führt tendenziell nicht zu Vermeidung von Energieverbrauch, sondern zum sorgloseren Umgang damit, da ein mit dem Verbrauch verbundenes Problem damit gelöst scheint.*

*Widerspruch: Risiken in den Blick aber keine Entwarnung?*

*Ersteres ja, zweites nein*

*Klimamodelle bleiben unvollständig*

## Dezentralität

These 5.19	Sicherheitsfragen insbesondere in der IT-Infrastruktur führen (ab 2025) zu verstärktem Einsatz von USV und sonstigen Backup-Technologien in sensiblen Bereichen. Insbesondere im Zusammenhang mit Facility-Management von hochspezialisierten DL-Gebäuden werden hier auch verstärkt kundennahe Erzeugungsmodule eingesetzt. Besonders interessant ist hier die BZ mit hohem Stromwirkungsgrad und hoher Elastizität in den Lastgängen
------------	--

Kommentare:

*Jede Art der dezentralen Erzeugung kann das Risiko von Netzausfällen mindern, nicht erst ab 2015 und nicht nur die BZ. BZ wäre sehr zielführend, andere bedingt zielführend.*

*Subthese 1 (USV/Backup): Ja; Subthese 2 (BZ): sehe ich eher pessimistisch*

*Schon früher, kontraproduktiv, aber mengenmässig wohl nicht so gravierend, aber "eventuell kontraproduktiv" wäre eine falsche Verortung*

*Mehrere Thesen: höhere Ausstattung ist kontra, BZ ist zielführend*

*Zumindest als SOFC kein Schnellstart möglich, der Hauptanforderung an eine USV! Eher Gasmotor, Diesel, Mikroturbine*

## Wechselwirkungen - Auswirkungen, gesellschaftliches Umfeld

These 6.1	Durch medizinische Fortschritte verstärkt sich die Alterung der Gesellschaft. Dies führt zu längeren Lebensarbeitszeiten und neuen Arbeitsplatzstrukturen und -anforderungen. Gleichzeitig bleiben die Menschen – auch technologisch unterstützt - länger selbstständig, der Trend zu Singlehaushalten nimmt zu. Dies hat zusätzliche Auswirkungen auf die (beheizten und gekühlten) Flächen in den Sektoren private Haushalte und Dienstleistungen. Sichtbare Wirkung ab 2025.
-----------	---

Kommentare:

*Dies ist u. a. ein Faktor, der für den weiteren Anstieg der Wohnflächen und damit des RW-Verbrauchs ursächlich ist.*

*Der erste Teil der These leuchtet ein, der zweite unklar*

*Eventuell auch gegenläufige Trends: grosse WG von Pensionären, Grossfamilien*

These 6.2	Durch verlängerte Lebensdauern und immer dispersere biographische Entwicklungen ändern sich auch die Lebens- und Wohnformen. Insbesondere jenseits der 60 Jahre nehmen „Ersatzfamilien“ durch Wohngemeinschaften und neue Wohnformen zu. Dies schwächt den Trend zu Singlewohnung ab und reduziert das Wachstum der Flächen pro Kopf. Sichtbare Wirkung ab 2025.
-----------	--

Kommentare: *Dieser Effekt ist - im Vergleich zum oben erwähnten - eher klein. Vielleicht verstärkt er sich, wenn Wohnen relativ noch teurer wird als heute.*

*Trendabschwächung zu wenig stark*

*Schon früher*

*Eher gering, daher auch wenn überhaupt geringe Auswirkungen*

These 6.3	Die gesellschaftliche Akzeptanz aller neuen bzw. verstärkten Schlüsseltechnologien (Bio, Nano, Mikro, ITuK) wird über Jahrzehnte hinweg ausgehandelt.
-----------	---

Kommentare: *Halte ich auf Dauer für wenig wahrscheinlich. Wie schwer sich eine Gesellschaft mit dem "Aushandeln" tut, zeigt sich in Deutschland immer wieder bei ethischen Fragen (Ethik-Kommission). Ich sehe das eher pragmatisch. Je absehbarer eine "Schlüsseltechnologie" positive Wirkungen zeigt, desto wahrscheinlicher die kurz-, mittel- und langfristige Akzeptanz.*

These 6.4	Es wird eine neue Risikodiskussion zur Durchdringung der IT-uK-Technologien in allen Lebensbereichen geben: Sowohl Fragen der gesundheitlichen Auswirkungen als auch des Datenschutzes werden jahrzehntelang kontrovers diskutiert
-----------	--

Kommentare: *Die aktuell so geringe Diskussion um die mit der IuK-T. verbundenen Probleme beim Datenschutz (Stichwort: der gläserne Bürger) zeigt doch deutlich, dass eine neue Risikodiskussion von offizieller Seite nicht erwünscht, folglich nicht gesucht und angestrebt wird, und von den IuK-Technologen/Anbietern ist erst Recht nicht zu erwarten, was Umsatz und Gewinn negativ tangieren könnte.*

*Ich fürchte eher, 'convenience wins'*

*Vgl. obige Bemerkung (6.3 - Anm. AL): für die einen ist das ein riesiges Problem, für die andern nicht*

These 6.5	Verstärkter Einsatz und verstärkte FuE der neuen Schlüsseltechnologien geht mit der Gefahr erhöhter Segregation der Gesellschaft einher: Die Produktivität wird stark durch wissensbasierte Berufe getragen, die die Technologien und ihre Anwendungen vorantreiben und weiterentwickeln. Es wird einen neuen und teilweise sehr kontroversen Aushandlungsprozess geben, wie Teilhabe an der Gesellschaft gewährleistet werden kann
-----------	---

Kommentare: *Zumindest was den Zeitpunkt der Diskussion angeht, fürchte ich, dass das Kind dann bereits in den Brunnen gefallen ist.*

These 6.6	Die veränderten Produktions- und Produktivitätsstrukturen werden massive Auswirkungen auf die Einkommensverhältnisse in der Schweiz (und in allen anderen Ländern) haben.
-----------	---

Kommentare: *Entkopplung der Verteilung von (bezahlter und unbezahlter/ ehrenamtlicher/ freiwilliger) Arbeit und der Verteilung von erwirtschaftetem Wohlstand*

These 6.7	Grundsätzlich arrangiert sich die jüngere Generation weitaus selbstverständlicher mit dem Komfort, den die neuen Technologien bieten, ohne Wirkungsweisen und Risiken genauer zu kennen.
-----------	--

Kommentare: *Vielleicht gilt dies für die heutige junge Generation, aber nicht für die künftige ...*

*Two statements. first, yes. second, not necessarily*

*Schon heute breite Akzeptanz?*

These 6.8	Streng dezentrale Produktion von Gütern „on demand“ ist bis 2035 nicht realistisch, bis 2050 möglich, aber noch nicht breit durchgesetzt
-----------	--

Kommentare: *Ich halte das auch in 2050 noch nicht für realistisch, evtl. abgeeshen von einfachen Produkten aus nur einem Material..*

*Könnte sich sehr wohl durchgesetzt haben ...*

These 6.9	Im Bereich der individuellen Mobilität wird der verstärkte Einsatz von Steuerungs- und Eingriffssystemen zur verbesserten Auslastung der Infrastruktur als Eingriff in persönliche Autonomie verstanden und führt zu einem massiven Akzeptanzproblem, das die breite Einführung solcher Technologien stark verzögert. („Nur wenige wollen das selbst fahrende Auto“.)
-----------	---

Kommentare: *Es gibt wohl Akzeptanzprobleme, die sind aber für einen Teil der Bevölkerung nicht gravierend*

*Das ist ein gesellschaftspolitischer Entscheid*

## **Anhang D Teilnehmer des Workshops zur Entwicklung der Thesen (21./22.12.2005)**

**Martin Renggli**

Bundesamt für Energie (BfE)

**Dr. Lukas Gutzwiller**

Bundesamt für Energie (BfE)

**Manfred Strubegger**

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)

**Dr. Walter Baumgartner**

basics AG,

**Dr. Bernard Aebischer**

Center for Energy Policy and Economics (CEPE)

**Mario Keller**

INFRAS AG

**Dr. Michael Schlesinger**

Prognos AG

**Dr. Almut Kirchner**

Prognos AG

**Peter Hofer**

Prognos AG

**Vincent Rits**

Prognos AG

## Anhang E Literatur

Die im folgenden genannte Literatur floss in die Entwicklung der Thesen ein. Da die Thesenentwicklung aber auch das gesammelte Expertenwissen der beteiligten Klausurteilnehmer beinhaltet, kann die Aufzählung nicht abschliessend sein.

IZT / Riso National Laboratory, EurEnDel, "Technology and Social Visions for Europe's Energy Future", 2004

European Commission: Nanotechnology: "Innovation for tomorrow's world", 2004

Gunter Festel, Jürgen Knöll, Hans Götz und Holger Zinke: „Der Einfluss der Biotechnologie auf Produktionsverfahren in der chemischen Industrie“, 2004

Frost & Sullivan: „Advances in Biotechnology for Chemical Manufacture: Part 2“, Marktstudie, 2003

Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik, Universität Karlsruhe, Universität Cambridge in „Science“, Vol. 309, Nr. 5740:, 2005

Eberhard Jochem (Ed.), „A White Book for R&D of energy-efficient technologies“, 2004

Prognos AG, "Evaluation des Förderkonzepts Mikrosystemtechnik 2000+", in Zusammenarbeit mit Deutsche Bank Research, Hochschule für Bankwirtschaft und Technopolis, im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, 2002

Prognos AG, „Energieprognose angesichts globaler Unsicherheit“, Proceedings der Workshops zur energiewirtschaftlichen Referenzprognose mit Zeithorizont 2030, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, 2004

John Vanston, Henry Elliott, Texas State Technical College in Nanotechnology: A Technology Forecast, 2003

Siemens, „Horizons2020“, 2004

Mantzios et al., "European Energy and Transport – Trends to 2030", 2003

Zeka-Paschou, Szenario "With Climate Policies" (WCLP), 2003

Shell International, „Szenarien bis 2050“, 2001

Büro für Technologiefolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) Arbeitsbericht "Brennstoffzellentechnologie", 2000

Büro für Technologiefolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Arbeitsbericht „Nanotechnologie,“ 2003

Gary Brawley, Battelle Institut, Energy Innovations for 2010, [www.battelle.org](http://www.battelle.org), div. Statements

Kreibich, Rolf, IZT, „Innovationen und Technologiepolitik in Richtung „Sustainable Development“, Vortrag anlässlich des Forums für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland, im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), 2005