

Energiewende – Ein interdisziplinäres Lehrkonzept

Konzipiert und organisiert von Prof. Dr. Dr. h.c. Müller und Dipl.-Kfm. Koslowski (Institut für Informatik und Gesellschaft); Mitwirkung durch Profs. Dres. Becker (Lehrstuhl für Rechnerarchitektur), Gander (Husserl-Archiv), Lausen (Institut für Informatik), Neumann (Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik), Reindl (Lehrstuhl für elektrische Mess- und Prüfverfahren), Schneider (Lehrstuhl für Kommunikationssysteme) sowie Dres. Strüker (Institut für Informatik und Gesellschaft) und Wittwer (Fraunhofer Institut ISE).

1 Intention und Ziele der Veranstaltung

1.1 Beitrag von Informationstechnologien für die Energiewende

Nach der japanischen Reaktorhavarie forciert die Bundesregierung einen Ausstieg aus der Atomenergie und den Ausbau regenerativer Energie bis 2022. Damit gehen vielzählige, weitestgehend noch ungelöste gesellschaftliche, ökonomische und technische Herausforderungen einher. Der Erfolg dieses Paradigmenwechsels wird insbesondere davon abhängen, inwieweit es gelingt, eine adäquate Energie- und Informationsinfrastruktur aufzubauen. In vielen Industrien werden die steigenden Anforderungen an Leistung, Sicherheit und Umweltverträglichkeit nur zu vereinbaren sein, wenn Fachleute aus unterschiedlichen Disziplinen eng miteinander kooperieren und sich Wissen und Fähigkeiten jenseits ihres Kernbereiches aneignen. Obwohl die IT nicht im Mittelpunkt dieses Wandels steht, ist sie instrumentell für diese Wissensakquisition und den Austausch von Daten zum Zweck der Koordination und Verteilung und daher von strategischer Bedeutung für die Energiewende. Versteht man die Universität nicht nur als Stätte der Wissensvermittlung, sondern auch als Experimentierfeld für anstehende oder kommende gesellschaftliche Herausforderungen, muss die Ausbildung und die Problemlösung Hand in Hand gehen.

1.2 Organisation und Ziele

Ziel war die Etablierung einer innovativen Lehrveranstaltung, die ein lösungsorientiertes Ausbildungskonzept für Studenten aus unterschiedlichen Fachbereichen anbietet (siehe Tabelle 1). Konkret umfasst das durchgeführte Konzept drei Aspekte: (1) **Gastvorträge** von Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Gesellschaft, die besondere Herausforderungen der Energiewende aus der Perspektive ihres Fachbereichs darstellen. (2) Die Organisation von Studierenden in **interdisziplinären Gruppen** für die gemeinsame Bearbeitung des zu untersuchenden Problems. Die Betreuung durch Mentoren (Hochschulprofessoren der Universität Freiburg) garantierte hierbei wissenschaftliche Systematik und die Entwicklung einer Problemlösung, so dass wissenschaftliche Vorgehensweise im Team konkret erfahrbar wurde. (3) Ein abschließender, gruppenübergreifender **Workshop** diente der Ergebnispräsentation und der Diskussion.

Tabelle 1 Studiengänge und teilnehmende Professoren

Disziplinen	Studiengänge	Mentoren und Initiatoren
Philosophie/Ethik	Master of Arts; Lehramt	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Gander, Philosophisches Seminar und Husserl-Archiv • Prof. Becker, Lehrstuhl für Rechnerarchitektur • Prof. Lausen, Institut für Informatik • Prof. Schneider, Lehrstuhl für Kommunikationssysteme • Prof. Müller, Dr. Strüker und Dipl.-Kfm. Koslowski, Institut für Informatik und Gesellschaft • Prof. Neumann, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik • Prof. Reindl, IMTEK • Dr. Wittwer, Fraunhofer Institut ISE
Angewandte Informatik	Master of Science	
Bioinformatik und Systembiologie	Master of Science	
Informatik	Master of Science	
Wirtschaftswissenschaften	Master of Science;Dipl.	
Renewable Energy Management	Master of Science	
Mikrosystemtechnik, Microsystems Engineering	Master of Science	

Durch das eigenständige Arbeiten in interdisziplinären Teams sollte die Arbeitswelt praxisnah simuliert werden, mit der Intention, die Begrenzungen und die Stärken der eigenen Fachdisziplin konkret am Problem zu erfahren und durch Einbeziehung anderer Disziplinen innovativer zu lösen.

3 Inhalt und Vorgehen

3.1 Programm der interdisziplinären Ringvorlesung

Ausgangspunkt des Lehrkonzepts bildete eine fächerübergreifende Vortragsreihe zu einem aktuellen Themengebiet, der in Deutschland angestrebten *Energiewende*. Hierzu haben im Wintersemester '11-'12 acht Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft in das Thema Energiewende referiert und dringliche Probleme und Optionen dargestellt:

- **28. XI.11: Smart Grid Technologien für die Realisierung der Transformation des Energiesystems, Dr.-Ing. Christof Wittwer (Fraunhofer ISE)**
Der erste Vortrag von Dr. Wittwer, Leiter der Abteilung zur dezentralen und netzgekoppelten Energieversorgung beinhaltete eine Einführung über unterschiedliche Technologien für eine intelligente Stromversorgung wie z.B. sog. Smart Meter und alternative Speichermöglichkeiten.
- **05. XII.11: Hitachi's strategy on Smart city projects, Dr. Akira Maeda (Hitachi Ltd.)**
Dr. Maeda referierte über die Strategien des japanischen Konglomerats Hitachi zu Smart City Projekten. Der englischsprachige Vortrag vermittelte einen breiten Einblick über die aktuellen und geplanten Aktionen eines Unternehmens mit einem deutlich anderen kulturellen Hintergrund.
- **12. XII.11: Lastmanagement in Intelligenten Stromnetzen, Prof. Dr. Michael Sonnenschein (Uni Oldenburg)**
Professor Sonnenschein behandelte im Rahmen seines Vortrags eine Potentialanalyse des sog. Demand- Side-Managements. Als Informatiker und Elektrotechniker präsentierte er durchgeführte Studien zur Simulation eines intelligenteren Stromnetzes. Der Vortrag veranschaulichte dabei die technischen Möglichkeiten und Grenzen des Lastmanagements.
- **09. I.12: SAP in Zeiten der Energiewende, Dr. Stefan Engelhardt (SAP AG)**
Als ideale Ergänzung zum vorhergehenden Vortrag mit technischem Fokus, hatte insbesondere der Beitrag von Herrn Dr. Bieser (als Vertretung von Herrn Dr. Engelhardt) wirtschaftliche und politische Aspekte aus der Perspektive des Softwareanbieters SAP zum Gegenstand. Hierbei wurden potentielle Geschäftsmodelle und Positionierungsbemühungen der SAP AG skizziert und diskutiert.
- **16. I.12: Datenaustausch im Internet der Energie: Grundlage neuer Geschäftsmodelle, Dr. Jens Strüker (Uni Freiburg)**
Herr Dr. Strükers Thema war das „Internet der Energie“: Neue Marktakteure und deren unterschiedliche Interessen auf dem zukünftigen Energiemarkt nach Einführung von Smart Grids wurden detailliert vorgestellt und ökonomische und regulatorische Herausforderungen und Optionen des Aufbaus der Infrastruktur erörtert.
- **23. I.12: Erneuerbare Energieerzeugung: zentral oder dezentral, Dr. Joachim Schneider (ABB Ltd.)**
Dr. Joachim Schneider ist als Mitglied des Vorstandes bei ABB Deutschland zuständig für Energietechnik und übt eine ehrenamtliche Vorstandstätigkeit beim VDE und ZVEI aus. In seinem Vortrag beschrieb er die Entwicklung des Stromversorgungssystems und die damit verbundenen Herausforderungen. Er ging auf die politischen Rahmenbedingungen für die Energiewende ein und beschrieb ferner er die Stromherstellungskosten und leitete über zu staatlichen Subventionen und Fehlallokationen von Investitionsmitteln.
- **30. I.12: Die Rolle der Solarenergie in der globalen Energiewende, Prof. Dr. Eicke Weber (Fraunhofer ISE)**
Der Leiter des Fraunhofer Instituts ISE, Prof. Weber, skizzierte in seinem Vortrag eine optimistische Zukunft der Erneuerbaren Energien, insbesondere der Solarindustrie. Hierbei stellte der Referent die Möglichkeit der Photovoltaik besonders heraus.

- **30. I.12: Philosophische und Ethische Fragen zur Energiewende, Prof. Ulrich Melle (KU Leuven)**

Mit natur-ethischen Fragestellungen wurde in Person des Philosophen Prof. Ulrich Melle aus Belgien ein völlig neuer Aspekt in die Vortragsreihe eingeführt. Der Beitrag orientierte sich eng an dem Buch „Silent Spring“ von Rachel Carsons und legte einen Schwerpunkt auf gemeinsame Reflektion und Diskussion vor allem theoretischer Fragestellungen wie beispielsweise „wie kommuniziert man mit der Natur?“ Obschon der Ausflug in die Philosophie wegen des hohen Abstraktionsgrades den fachfremden Studierenden anfänglich Schwierigkeiten bereitete, wurde das Angebot zur Diskussion rege angenommen und die Betrachtung des Themas Energiewende um einen ethisch-philosophischen Aspekt erweitert.

3.2 Gruppenarbeiten

Die vorgetragenen Themen wurden in Kleingruppen mit einem Mentor (*siehe Tabelle 1*) intensiv analysiert und kritisch reflektiert. Die Zuordnung der sieben Gruppen erfolgte nach den Präferenzen der Studierenden. Ferner wurde auch das Kriterium Interdisziplinarität berücksichtigt, damit Studenten aus unterschiedlichen Fachbereichen mit fachfremden Kommilitonen zusammenarbeiten und sich neue Kenntnisse und Perspektiven, jenseits ihres angestammten Kompetenzbereiches, aneignen können. Jedes Team orientierte sich an dem korrespondierenden Gastvortrag und entwickelte eigene Positionen und Handlungsempfehlungen (*siehe Tabelle 2*).

- **Szenario 2025 – Strom Mix Baden-Württemberg**

Die erste Gruppe hatte die Aufgabe, ein Szenario für die Stromversorgung Baden Württembergs für das Jahr 2025 zu entwerfen. Berechnungsgrundlage des Entwurfs war eine Datenerhebung der EnBW AG für den Zeitraum 1990-2010 über die Anteile der verwendeten Energieträger zur Stromerzeugung. Die Veranschaulichung der Anteile an Steinkohle, Erdgas, Atomkraft sowie erneuerbarer Energien und deren Entwicklung im betrachteten Zeitraum, vermittelten den Gruppenmitgliedern als ersten Schritt einen Einblick in die Stromerzeugung mit Blick auf tageszeitliche, saisonale und langfristige Veränderungen in der Bereitstellung. Neben dieser technischen Vorbereitung setzten sich die Gruppenmitglieder mit aktuellen volkswirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen auseinander. Hauptaugenmerk galt dem Umstand, dass bis 2022 über 50% des aktuell erzeugten Stromes aufgrund des „Ausstiegs“ aus der Atomkraft wegfallen soll. Anschließend wurde sich auf ein Szenario, bestehend aus z.T. festgelegten Anteilen an Energieträgern in 2025 geeinigt. Weder Atomkraft noch Steinkohle sollten im Jahre 2025 für die Erzeugung von Strom verwendet werden. Die zu realisierende „Roadmap to Renewables in BW 2025“ bestehend aus konkreten Handlungsvorschlägen zum Wandel in der Stromerzeugung und sah in 5 Jahresschritten diverse Maßnahmen im Bereich Bio-, Solar-, Windenergie aber auch im Bereich der Erdgasnutzung und Modernisierung bestehender Kraftwerke vor. Entsprechend der Dynamik vorhandener Daten wurden o.g. Ziele schrittweise theoretisch umgesetzt und die Erzeugung anderer Energieträger angepasst. Im Rahmen der Diskussion wurde schnell deutlich, dass die volkswirtschaftlichen Kosten, die technische Machbarkeit sowie der politische Wille für ein derart ambitioniertes Vorhaben fehlen und in dem kurzen Zeitraum nicht umsetzbar sind.

- **Pump- und Gasspeicher als Meilenstein der deutschen Energiewende?**

Eines der zu lösenden Probleme bei der Erzeugung von Energie aus regenerativen Quellen ist die dauerhafte Speicherung dieser Energie für Zeiten, in denen die regenerativen Quellen wie Windkraft oder Solarkraft keine Energie liefern können (weil die Sonne nicht scheint) oder nur sehr geringe Mengen (wenn der Wind nur schwach weht). Die Arbeit der Gruppe führt zunächst in diese Problematik ein und erläutert, illustriert mit aufbereiteten Statistiken, wie sich die Schwankungen auf die Strommengen auswirken. Ein erstes Fazit aus diesen Schwankungen lautet daher, dass die Energie möglichst vollständig gespeichert werden soll-

te, wenn sie nicht verbraucht wird. Ausgehend von dieser Erkenntnis werden nun drei verschiedene Speicherformen untersucht: 1. die Speicherung der Energie mit Hilfe von Pumpspeichern, 2. umgewandelt in Methan und eingespeist in das bestehende Gasnetzwerk oder 3. umgewandelt in Methan und gespeichert in unterirdischen Kavernen. Alle Technologien werden vorgestellt und ihre Vor- bzw. Nachteile erörtert. In der anschließenden Diskussion gelangt die Gruppe zu dem Ergebnis, dass die Umwandlung der erzeugten Energie in Methan und die anschließende Speicherung in unterirdischen Kavernen das größte Potenzial hat. Die Technologien für die unterirdische Speicherung existieren bereits und auch die Rückverstromung des Gases stellt keine großen Hürden mehr dar.

- **Demand Side Management durch Dynamic Pricing in Studentenwohnheimen des Studentenwerks Freiburg**

Thema dieser Gruppenarbeit war die Betrachtung von Demand-Side-Management in Freiburgs Studentenwohnheimen. Als Grundlage dieser Arbeit dienten Energiedaten aller Studentenwohnheime des Studentenwerks Freiburg, aus denen sich Lastkurven ableiten ließen. Mithilfe der Anzahl von Studierenden konnten Benutzerverhalten bestimmt werden und anschließend mit Standardlastprofilen verglichen werden. Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen und den Erfolg von DSM in Studentenwohnheimen zu analysieren. Dabei wurden verschiedene Pricing-Modelle ermittelt und auf ihre Potentiale zur Lastverschiebung untersucht. Abgerundet wurde die Untersuchung durch die Analyse vorhandener Studien zu Demand-Side-Management und Übertragung auf den speziellen Fall der Studentenwohnheime. Ein kleiner Ausblick bildete eine Untersuchung der Auswirkungen eines zusätzlichen PV-Generators auf die Lastkurve des Studentenwohnheims.

- **Neue Geschäftsmodelle im Internet der Energie**

Diese Arbeit analysiert international etablierte Geschäftsmodelle im Smart Grid um daraus Inferenzen für die Implementierbarkeit in Deutschland zu erhalten. Der Forschungsbeitrag der Arbeit lässt sich dabei in drei Teile unterteilen. Im ersten Teil werden neue Dienstleistungen identifiziert, welche durch den Technologiewandel im Stromnetz ermöglicht wurden. Hier sind beispielsweise Demand-Side Management oder Virtuelle Kraftwerke zu nennen. Der zweite Teil befasst sich damit, die Geschäftsstrategien von international tätigen Unternehmen, die diese Dienstleistungen anbieten, zu analysieren. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden im dritten Teil der Arbeit zu einem Kriterienkatalog zusammengefasst. Dieser Katalog verdeutlicht, inwiefern die für die Geschäftsstrategien notwendigen technischen, sozialen und regulatorischen Voraussetzungen in Deutschland gegeben sind. Im Ergebnis zeigt die Arbeit Ansatzpunkte auf, wie man die Etablierung gewünschter Dienstleistungen im Smart Grid fördern kann.

- **Demand Response**

Die Anpassung des Stromverbrauchs an die stark schwankende Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenkraft wird als eine im Verhältnis zu neuen Überlandleitungen und großen Speicherkapazitäten wie Pumpspeicherkraftwerken günstige und schnell umzusetzende Option betrachtet. In der Gruppe wurden die System-Architekturen unterschiedlicher Geschäftsmodelle betrachtet und verschiedene Entwicklungspfade diskutiert. Ebenso wurden mit anreizbasierten und preisbasierten Maßnahmen sowie dem sog. Direct Loadcontrol die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Stromnachfrage gegeneinander abgewägt. Schließlich wurden diverse Geschäftsmodelle für die Marktteilnehmer in deregulierten Energiemärkten identifiziert und erörtert und somit konkrete Handlungsoptionen für die Politikgestaltung aufgezeigt.

- **Datenschutz in Zeiten der Energiewende**

Gegenstand der Gruppenarbeit war die Bewertung der Datenschutzproblematik, die mit der Einführung von Smart Metern auftreten kann. Die Arbeit hat sich somit nicht auf technische Aspekte des Smart Meters konzentriert, sondern mehr auf mögliche Zukunftsszenarien der

Datenbehandlung. Diese Szenarien basierten auf Marktmodellen, die seit der Einführung dieser neuen Technologie in Ländern wie Kanada und USA bereits vorhanden sind. Die Notwendigkeit des Smart Meters im zukünftigen Smart Grid wurde ebenfalls behandelt. Ziel der Arbeit war es einen Gestaltungsansatz zu erstellen. Hier wurde die Frage nach der notwendigen Qualität und Quantität zu erhebenden Daten für das Funktionieren eines Demand-Side Lastmanagements untersucht. Mit einer hohen Granularität (Messung des Stromverbrauches in kleinen Zeitabständen) lassen sich sogenannte Lastprofile mit hoher Aussagekraft über Kundenverhalten erstellen. Zahlreiche Parteien, von der Werbebranche bis hin zu kriminellen Akteuren könnten diese Informationen gewinnbringend einsetzen. Die Gruppe zog das Fazit, dass die Transparenz für die Datenerhebung sehr wichtig ist: Es müsse eine Datenerhebung in ausreichend langen Intervallen sichergestellt, um die Erstellung von personalisierten Lastprofilen zu vermeiden. Ferner solle ein Intermediär eingeführt werden, der solche Datenströme kontrolliert und ebenfalls auf Stand der Technik verschlüsselt.

- Moralisches Naturverhältnis zur Überwindung der ökologischen Krise**
 Vortrag von Professor Melle wurde kritisch hinterfragt und an einigen Stellen durch eigenen Meinungen ergänzt. Der konkrete Ansatzpunkt für Handlungsalternativen für die Ökowerende blieb unspezifiziert, während die Problematik als solche hervorragend dargestellt wurde.

Tabelle 2 Gruppenarbeiten

Thema	Akademischer Hintergrund (Studierende)
Szenario 2025 – Strom Mix Baden-Württemberg	Messtechnik, REM, VWL
Pump- und Gasspeicher als Meilenstein der deutschen Energiewende?	REM, VWL, Mikrosystemtechnik
Demand Side Management durch Dynamic Pricing in Studentenwohnheimen des Studentenwerks Freiburg	REM, VWL
Neue Geschäftsmodelle im Internet der Energie	REM, VWL
Demand-Response	Informatik, VWL
Datenschutz in Zeiten der Energiewende	REM, Umweltnaturwissenschaften, VWL
Moralisches Naturverhältnis zur Überwindung der ökologischen Krise	Philosophie , REM, VWL

3.3 Handlungskonzept

Ein wesentlicher Teil der gesellschaftlichen Verantwortung von Universitäten besteht im Wissenstransfer und dem Anstoß von Diskussionen in der Öffentlichkeit. Die Studierenden wurden daher angehalten und befähigt, die Ergebnisse auch gegenüber der betroffenen außeruniversitären Öffentlichkeit zu präsentieren. Aus diesem Grund war es Aufgabe, das konsolidierte Handlungskonzept in den jeweiligen Gruppen als Diskussionspapier niederzuschreiben und im Rahmen eines Kolloquiums am Ende der Veranstaltung zu präsentieren.

3.4 Adressaten und Leistungsbewertung

Die intensive Auseinandersetzung mit gleichermaßen aktuellen wie anspruchsvollen Forschungsfragen erfordert ein fundiertes Grundlagenwissen. Daher richtete sich das vorgestellte Lehrangebot primär an Studenten aus Masterstudiengängen (bzw. Diplom im Hauptstudium) und Graduiertenkollegs. Jeder der Teilnehmer wurde einer Gruppe und einem Thema zugeordnet und erhielt eine individuelle Beurteilung durch den betreuenden Fachmentor.

4 Lehrevaluation durch die Studierenden

4.1 Methode

Zur Evaluierung der Veranstaltung wurden sowohl auf standardisierte Fragebogen als auch auf einen umfassenden Evaluationsbericht zurückgegriffen. Das kombinierte Vorgehen sollte zum einen die Zahl der Bewertungen, zum anderen aber auch eine umfangreichere, kritische Auseinandersetzung mit der Veranstaltung gewährleisten. Somit hatten alle Studierenden im Rahmen der standardisierten Erhebung wesentliche Aspekte der Veranstaltung bewertet, während eine Auswahl von Studierenden einen Abschlussbericht erstellten und hierbei subjektive Erfahrungen, Motivationen und Zufriedenheit detaillierter geäußert wurden.

Der standardisierte Fragebogen enthielt geschlossene Fragen u.a. über die Gastvorträge, das Lernklima, Lehrmethoden, Gliederung, Arbeitsaufwand oder Qualität des bereitgestellten Lehrmaterials. Darüber hinaus wurden auch offene Fragen zur Nennung wesentlicher Stärken und Schwächen des Seminars verwendet. Um sozial erwünschte Antworten zu vermeiden, wurden die Fragebögen anonymisiert erhoben. Im Rahmen des abschließenden Evaluationsberichts reflektierten fünf Studierende über ihre subjektiven Erfahrungen und Eindrücke und lieferten wichtige Impulse für Verbesserungsmaßnahmen für nachfolgende Veranstaltungen.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Gastvorträge

Die Erhebung mittels Fragebogen zeigen mit Bewertungen zwischen 1,4 bis 3,0 und der Durchschnittsnote 2,3 eine überwiegend gute Leistung der Gastvorträge (siehe Abbildung 1). Eine Notenmatrix findet sich im Appendix A.

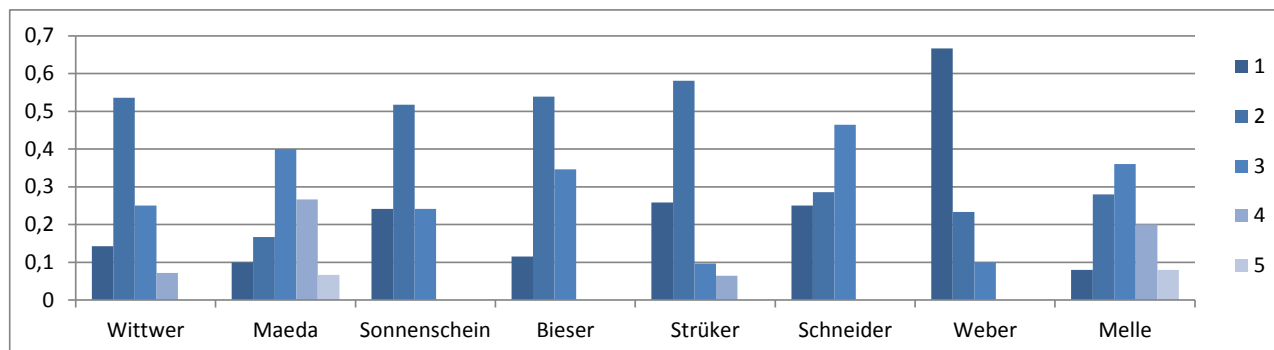


Abbildung 1 Notenverteilung Gastvorträge

Die positive Bewertung wird auch im Abschlussbericht verdeutlicht:

„Die Gastvorträge haben es ermöglicht einen gute Überblick über die Herausforderungen der Energiewende zu bekommen und spiegelten auch verschiedene Blickwinkel gegenüber der Energiewende wieder. (Industrie, UNI, angewandte Forschung).“

4.2.2 Didaktisches Konzept, Ausstattung, Organisation

Sämtliche Fragen zum Gesamtkonzept (z.B. Schwierigkeitsgrad, Arbeitsaufwand) und der Organisation (Struktur, Betreuung) wurden ebenfalls überwiegend positiv eingeschätzt (Durchschnittswert über alle Punkte: 2,2). Hierbei wurde die Möglichkeit sich selbst einzubringen besonders gut bewertet (1,6) während der Schwierigkeitsgrad für einige Teilnehmer sehr hoch gewesen schien (2,9). Besonders positiv hervorgehoben wurden insbesondere „Lehr- und Lernmethoden“ (2,0) sowie „Lernklima“ (2,0). Eine detaillierte Übersicht findet sich im Appendix B.

Ferner wurde mittels des standardisierten Fragebogens nach Nennung von Stärken und Schwächen des Seminars gebeten. Hierbei wurde der interdisziplinäre Charakter der Veranstaltung gelobt, der Austausch mit Fachfremden Kommilitonen wie auch die Betrachtung des komplexen Themas aus unterschiedlichen Perspektiven. Ferner wurde die Möglichkeit zur Diskussion positiv bewertet. Bei den genannten Schwächen bzw. Verbesserungsvorschlägen zeigten sich Konflikte bei Präferenzen und Zielen der Studierenden mit unterschiedlichem Hintergrund: So haben einige Teilnehmer sich einen stärkeren technischen Fokus gewünscht während andere wiederum den Fokus auf Informationstechnologien und Smart Grid kritisierten und stärkere Einbindung sozialer und philosophischer Aspekte berücksichtigt haben wissen wollten. *Tabelle 3 fasst die Nennungen kompakt zusammen:*

Tabelle 3 Stärken und Schwächen des Seminars

Strengths of the seminar	Suggestions for Improvement
good opportunity for students from different areas to work together;	give more technical vision, not just social aspects of Energiewende
presentations in different disciplines;	better introduction for mentors;
very complex and interesting topics;	focus was mainly on IT/Grid, could be more diverse; ; give more diverse presentations (economics, politics, engineering...);
expert guest lecturers;	give more applied aspects of energy transition;
almost all presentations were good or very good;	clearer description of what is expected from students and how the seminar is evaluated;
inclusion of societal/philosophical aspects of energy transition;	better timing;
good discussion after presentations;	give more topics, not just seven;

Weitere Einblicke über die **interdisziplinäre und teamorientierte Lernerfahrung** lieferten die Evaluationsberichte:

„Die Interdisziplinarität dieses Moduls wurde als Stärke empfunden. Es war spannend zu sehen wie Studierende aus anderen Fachbereichen über die Thematik Energiewende denken und welche Fragen dabei aufkommen. Der inhaltliche Austausch mit den Studierenden anderer Studiengänge war interessant und hat eine typische Projektarbeitssituation simuliert. Für das Thema der Gruppenarbeit durfte eine Wunschliste erstellt werden und somit war eine Zufriedenheit der Teilnehmer mit dem Thema der Arbeit gewährleistet.“

Das Konzept bedeutete zunächst für alle Beteiligten eine große Herausforderung, wurde aber aber durchgehend nach erfolgreichem Abschluss des Seminars als Bereicherung für den Gewinn neuer Erkenntnisse empfunden. Exemplarisch beschreibt ein Teilnehmer seine Erfahrung wie folgt:

„Die Gruppe war aufgrund verschiedener fachlicher Orientierungen der Mitglieder und stark schwankender Anzahl an abgelegten Studiensemestern (2-14) ziemlich heterogen. Nicht nur die Perspektive auf die Dimension des Vorhabens, sondern auch auf die Vielschichtigkeit notwendiger Prozesse einer „Energiewende“ in BW fielen sehr unterschiedlich aus. Dies führte anfangs zu Schwierigkeiten in der Herangehensweise, stellte sich jedoch im weiteren Verlauf der Projektarbeit als Mehrwert für die Gruppenarbeit heraus. Ich bekam den Eindruck, dass wir allen unsere im Studium erlangten Kenntnisse, entsprechend unserer Fachrichtungen, einsetzen konnten.

Im Verlauf meines Studiums wurde ich in keinem anderen Seminar mit einer solch großen fachlichen und erfahrungsmäßigen Streuung der Gruppenmitglieder konfrontiert. Doch war es dieser Gedankenaustausch mit Studierenden, die diesem Themenkomplex völlig fremd sind, der aufgezeigt hat wie wichtig die soziale Komponente ist, wenn man eine sinnvolle Wegbereitung hin zu dem Wechsel in der Stromerzeugung so umsetzen möchte, dass die Gesellschaft diesen Prozess versteht und befürwortet. Hierfür war die Konstellation der Gruppe sowie das Konzept der Aufgabenstellung absolut förderlich.“

Anfängliche Kommunikationsschwierigkeiten und ein später überdurchschnittlicher Lernerfolg werden auch in der Aussage einer weiteren Teilnehmerin deutlich:

Diese Gruppenarbeit war für mich aus mehreren Gründen lehrreich. Es wurde relativ schnell klar, dass die verschiedenen Mitglieder der Gruppe (VWL, Informatik, Mikrosystemtechnik, REM) trotz scheinbar hohem Interesse an dem Thema Energiewende sehr unterschiedliche Kenntnisse zum Thema Energie/ Erneuerbare Energien hatten. Unter anderem auch deshalb waren die gruppeninternen Diskussionen zu unserer Gruppenarbeit nicht nur konstruktiv und förderlich, sondern manchmal auch lähmend. Es ist hierbei aufgefallen, dass jeder Teilnehmer eine andere Meinung zu dem Thema Energiewende hat, was man sehr gut auch auf die unterschiedlichen Energie Szenarien übertragen kann. Zusammenfassend kann ich sagen, dass ich während der Gruppenarbeit auf unterschiedlichsten Ebenen sehr viel gelernt habe, wir uns gegenseitig geholfen haben und ich die Arbeit sehr insgesamt sehr interessant und zeitgemäß fand.“

Sehr positiv äußerten sich die Studierenden auch über die **Organisation** des Seminars:

„Die Organisation des Seminars war ausgezeichnet. Über etwaige Änderungen des Terminplans/ Ortes wurde frühzeitig und mehrmals Bescheid gegeben. Organisatorische Fragen wurden von dem Organisationsteam zeitnah und gewissenhaft beantwortet.“

Aufgrund der Neuartigkeit des Lehrkonzeptes und fehlender Erfahrungen, waren **Verbesserungsvorschläge** nicht nur vorhersehbar sondern auch erwünscht. Der Evaluationsbericht spiegelt hierbei einen Großteil der im Fragebogen erhobenen Schwächen wider:

- **Bessere Vorbereitung und Betreuung der Mentoren:**
„Herr Prof. Schneider und sein Mitarbeiter, Herr Janne Schultz, waren erreichbar und haben hilfreiche Kommentare zur Präsentation und Organisation der Arbeit gegeben. Weiterhin gab es überhaupt keine Themabeschränkungen. Nachdem wir unser Interesse an der Thematik Energiespeicherung geäußert haben, haben Prof. Schneider und Herr Schulz uns sofort unterstützt. Allerdings, hatten unsere Betreuer nicht sehr ausgeprägte Fachkenntnisse zum Thema Energiespeicherung.“
„Betreut wurde die Gruppenarbeit von Dr. Christof Wittwer und Jochen Link vom Fraunhofer ISE. Die Zusammenkünfte waren sehr kollegial und geprägt durch eine offene Umgangsweise in der jede Frage der Gruppenmitglieder Gehör fand. Etwas mehr Initiative von den Betreuern wäre anfangs förderlich gewesen. Die Komplexität der Aufgabenstellung und die Unerfahrenheit der Teilnehmer hätten dadurch etwas besser bewältigt werden können. Abgesehen davon wurde die Aufgabe der Mentoren ernst genommen und sehr zufriedenstellend durchgeführt.“
„Unsere Arbeit wurde durch Professor Lausen betreut. Aufgrund der Neuartigkeit des Seminars war am Anfang die Aufgabenstellung unklar und sorgte somit für Verwirrung innerhalb der Gruppe. Nach kleinen Startschwierigkeiten konnte sich unsere Gruppe jedoch eigenständig für ein gutes und sinnvolles Thema entscheiden.“
- **zu starken Fokus auf Smart Grid:**
„Die Thematik Energiewende wurde aus verschiedenen Sichtweisen beleuchtet und führte somit zu einer „Horizontenerweiterung“. Allerdings lag der Fokus des Seminars sehr stark im Bereich Demand Side Management und Smart Metering, wodurch andere bedeutende Themen der Energiewende leider zu kurz kamen.“
- **Bereitstellung von Literatur und Angebot einer Einführungsveranstaltung**
„Die Organisatoren haben es geschafft, sehr interessante und aus allen Bereichen der Wirtschaft und Forschung stammende Gastredner für das Seminar zu gewinnen. Bedauerlicherweise ist zu erwähnen, dass neben der Datenschutzdebatte um Smart Metering ein Gesamtkonzept der Veranstaltung schwer erkennbar war. Eine einleitende Vorlesung zum Thema Energiewende würde hier durchaus angebracht sein, um die Vielseitigkeit und Interdisziplinarität des Themas herauszustellen. Leider blieben in diesem Zusammenhang auch wichtige Treiber der Energiewende unerwähnt, wie der anthropogene Klimawandel und die damit verbundenen Pflichten zur CO₂ Reduktion.“

4.3 Zusammenfassung und Ausblick

Nach Abschluss der Veranstaltung und der Evaluation durch die Studierenden, haben auch die Veranstalter lehrreiche Erfahrungen gewinnen können. Insgesamt wird das Lehrkonzept sowohl von den Studierenden, als auch von den beteiligten Hochschullehrern sehr positiv gewürdigt. Die Ziele und Intentionen des Lehrkonzeptes wurden somit erfüllt. *Tabelle 4* fasst das Lehrkonzept und den daraus resultierenden Nutzen für Studierende zusammen.

Tabelle 4 Lehrkonzept und Nutzen für Studierende

Lernmodule	I Gastvorträge	II Workshop	III Transfer
Konzept	<ul style="list-style-type: none"> • Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Gesellschaft stellen Probleme aus Perspektive ihres Fachbereiches vor 	<ul style="list-style-type: none"> • Unter der Betreuung eines Fachmentors diskutieren Studenten in Kleingruppen einen Teilaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentation der Studentarbeiten im Rahmen eines Kolloquiums
Nutzen für Studierende	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse hochaktueller relevanter Problemfelder aus unterschiedlichen Perspektiven • Aufbau zusätzlicher Fähigkeiten durch interdisziplinäre Lernerfahrung 	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung von Lösungsansätzen im Team • Gegenmodell zum traditionellen Frontalunterricht durch Interaktion mit Hochschulprofessoren in Kleingruppen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Weiterentwicklung rhetorischer Fähigkeiten • Transfer der Studienleistungen außerhalb der Universität

Aufgrund der positiven Erfahrungen wird ernsthaft über die Weiterführung des Lehrangebotes gedacht. Die Evaluationen liefern hierbei eine wichtige Grundlage zur Verbesserung der Lehrqualität. Insbesondere eine frühzeitige Planung der Veranstaltung, die Bereitstellung grundlegender Lehrmaterialien, die verbesserte Koordination der Mentoren sowie das Angebot einer Einführungsveranstaltung sind wichtige, aber sicherlich auch realisierbare Schritte für die Zukunft.

Für die Anbieter des Seminars war die späte Zusage über die finanzielle Unterstützung eine Herausforderung. Die Organisation und Akquisition von Gastrednern hatte daher zu einer Verzögerung geführt, auch die Raumausstattung war aufgrund des späten Terminstartes nicht optimal. Eine weitere Hürde stellten die unterschiedlichen Prüfungsämter und Vorlesungsverzeichnisse dar. In Zukunft würden wir daher die Organisation der Veranstaltung einem fakultätsübergreifenden Institut wie dem University Freiburg College oder dem Zentrum für Erneuerbare Energien übergeben oder zumindest stärker mit einbeziehen.

Für zukünftige Seminare ist zudem die Ausweitung der Adressaten und Teilnehmer möglich: So könnten beispielsweise Umweltwissenschaftler und Psychologen wichtige Impulse für die Diskussion und Ableitung von Lösungskonzepten liefern.

Eine weitere Erweiterungsmöglichkeit bezieht sich auf den Inhalt des Seminars. Es ist denkbar, neben der Energiewende auch Themen wie „Freiheit vs. Sicherheit“, „Die Zukunft des Internets“, „Transparenz vs. Privatheit“ oder auch „Vertrauen in unterschiedlichen Disziplinen“ zu beleuchten. Wie stark externe Gastreferenten in die Veranstaltung in Zukunft einbezogen werden sollen, hängt sicherlich auch von der finanziellen Unterstützung ab. Die bereitgestellten Mittel haben sich zwar als ausreichend, aber doch sehr knapp bemessen erwiesen. Inwieweit man attraktive Gastexperten nach Freiburg locken kann, gilt in den nächsten Monaten zu klären.

Die Teilnehmer des Seminars sind zusammenfassend mit dem Ablauf des Lehrangebotes zufrieden und werden versuchen, die begonnene Arbeit weiterzuführen. Aufgrund des starken Fokus der Ver-

anstellung auf das Einbeziehen der Studierenden, soll auch der Evaluationsbericht mit einem Kommentar der Studierenden schließen:

„Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das interdisziplinäre Seminar Energiewende ein sehr wertvolles Zusatzangebot für das Studium darstellt. Insbesondere der Schwerpunkt auf der Interdisziplinarität und die Zuweisung der Gruppen aufgrund verschiedener Studiengänge, machen das Seminar zu einer wichtigen Lernerfahrung. Nicht nur, dass in Gruppen verschiedene Fachbereiche vertreten sind und am Thema Energiewende interessiert sind, sondern insbesondere auch die unterschiedlichsten Sichtweisen auf die Energiewende vervollständigen die Ausbildung für Studierende, die sich für den Themenkomplex interessieren.“

Appendix

No Student	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	μ	σ^2
Wittwer	2	2	3	3	3	3	2	2	2	1	3	2			4	2	1	2	2	2	4		2	2	2	1	3	2	1	2	3	2,25	0,80
Maeda	3	3	4	3	2	3	3	3	4	1	3	4	3	4	5	3	1	4	3	2	4	3		4	5	3	1	2	4	2	2	3,03	1,07
Sonnenschein	3	3	2	2	3	2	2	1	3	1	2	3	2	2		2	1	3	2	2		2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	2,00	0,71
Bieser	3	2	3	3	2	3	2		3	1	2	2	3	1		2	1	2	2	3			3	2	3	2	2	2		2	2	2,23	0,65
Strüker	2	2	2	2	2	3	1	2	2	1	4	2	2	1	2	3	1	2	1	2	2	2	1	2	4	1	2	2	2	1	3	1,97	0,80
Schneider	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3		1	3	2	1		2	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1		3	2,21	0,83
Weber	1	1	1	1	1	3	3	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1		1	1	1	2	1	1	1	1,43	0,68
Melle	3	3	4	3	5	3	2		4	1	4	4		2	2	3	1	3		5	3		2	3	2	3		2	4		2	2,92	1,08

Appendix A Notenverteilung Gastvorträge

Aspects of the module																															μ			
1. Structure and intergration	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	5	2	3	2	1		2	3	4	2	2	2	4	1	2	2	1	2	2	2,30		
2. Teaching and learning methods	3	2	1	2	2	3	1	2	2	3	3	2	3	2	3	3	1		2	2	3	2	1	3	3	1	2	2	1	2	2	2,13		
3. Quality of reference and support material	3	2	3	3	3	4	1	3	3	2	3	3	2	1	4	3	1		1	2	3	2	1	2	2	2	3	2	1	2	1	2,27		
4. Participation	2	1	2	3	2	3	2	1	2	1	1	3	3	1	1	2	1		1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1,60		
5. Content and skills	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	4	3	2	3	1		1	2	3	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2,07	
6. Learning climate	3	2	1	2	1	3	1	2	2	1	3	3	3	3	2	2	1	2		1	2	2	2	1	3	4	1	2	3	1	1	2	2,00	
7. Workload	3	4	2	1	1	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3		2	2	3	2	2	3	1	3	3	4	4	4	3	2,61	
8. Difficulty	3	4	3	1	2	3	3	3	2	2	3	4	2	4	3	4	2	2		4	3	3	2	3	4	2	3	3	3	2	4	4	2,90	
9. Overall Grade	3	2	2	3	2	3	1	2	2	2	3	2	3	3	3	3	1	2		2	2	2	3	2	1	3	4	1	2	2	1	2	2	2,23

Appendix B Standardisierte Bewertung