

Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung

# Solar Energy Engineering

Modulbaukasten, Brückenmodule, Erweiterungsszenarien

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



UNI  
FREIBURG



In Kooperation mit



**Fraunhofer**

■  
**„Solar Energy Engineering - Modulbaukasten, Brückenmodule, Erweiterungsszenarien“**

**Martin Kasemann, Karim M. Gad, Bernward Fleischhauer, Stefan Rau**  
**Teilprojekt 6 „Solar Energy Engineering“**  
**Freiburg i. Br., März 2014**

**Dieses Vorhaben wird aus Mitteln des  
Bundesministeriums für Bildung und Forschung und aus  
dem Europäischen Sozialfonds der Europäischen Union  
gefördert.**

Der Europäische Sozialfonds ist das zentrale  
arbeitsmarktpolitische Förderinstrument der Europäischen  
Union. Er leistet einen Beitrag zur Entwicklung der  
Beschäftigung durch Förderung der Beschäftigungsfähigkeit,  
des Unternehmergeistes, der Anpassungsfähigkeit sowie der  
Chancengleichheit und der Investition in die  
Humanressourcen.



1	Einleitung.....	3
2	Der Modul-Baukasten Solar Energy Engineering .....	5
2.1	Grundkonzept der Modularisierung .....	5
2.2	Inhaltliche Verzahnung und zeitlicher Ablauf .....	5
2.3	CAS-Module .....	7
2.3.1	CAS-Modul 1: „Fundamentals of Photovoltaics“ .....	7
2.3.2	CAS-Modul 2: „Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid“ .....	8
2.3.3	CAS-Modul 3: „Crystalline Silicon Photovoltaics“ .....	8
2.3.4	CAS-Modul 4: „Material- and Solar Cell Characterization and Modelling“ .....	9
2.3.5	CAS-Modul 5: „Photovoltaics Beyond Silicon“ .....	9
2.4	DAS Module .....	10
2.4.1	DAS-Modul 1: In-Depth PV Cells for Specialists .....	10
2.4.2	DAS-Modul 2: Silicon Photovoltaics .....	10
2.4.3	DAS-Modul 3: Photovoltaic Cell Production Technologies .....	10
2.4.4	DAS-Modul 4: Photovoltaics and the Smart Grid .....	11
3	Brückenmodule – Transfer zwischen Wissensfeldern ermöglichen.....	12
3.1	Hintergrund und Zielsetzung .....	12
3.2	Kompetenzanforderungen im Bereich SEE .....	13
3.3	Akademiker mit MINT-Bachelor oder breitem MINT-Master .....	14
3.4	Fachfremde Akademiker .....	15
3.4.1	Fachfremde Akademiker mit geringen Mathematik-Kenntnissen .....	15
3.4.2	Fachfremde Akademiker mit starken mathematischen Vorkenntnissen .....	16
3.5	Brückenmodul für Meister und Techniker .....	17
3.5.1	Zielgruppenanalyse .....	18
3.5.2	Implementierung.....	21
4	Nachhaltigkeit und Kostendeckung – Eine Analyse und Anpassung am Beispiel des Solar Energy Engineering .....	22
4.1	Grundsätzliche Aspekte zur Stabilität der Nachfrage und zur Nachhaltigkeit.....	22

4.2	Stabilität und Nachhaltigkeit in den existierenden Angeboten .....	22
4.3	Stabilität und Nachhaltigkeit im Bereich „Solar Energy Engineering“ .....	24
4.3.1	Die Marktsituation für Solar-Weiterbildung in Deutschland .....	24
4.3.2	Weltweite Umverteilung der Wertschöpfung .....	25
4.3.3	Marktausblick.....	27
4.4	Konkrete Erweiterungsszenarien und Handlungsempfehlungen .....	28
4.4.1	Erweiterung 1: Internationalisierung des Weiterbildungsangebots .....	28
4.4.2	Erweiterung 2: Inhaltliche Erweiterung im Rahmen der zweiten Förderphase ...	29
4.4.3	Langfristige Entwicklungsstrategie .....	32
5	Anhang .....	33
5.1	Beschreibung der CAS-Module und Zertifikatskurse .....	33
5.2	Zeitlicher Ablauf der Campus Phase.....	44
5.3	Anmeldeformular .....	46
5.4	Beschreibung der Brückenmodule .....	53
5.5	Gesetze zur Zulassung .....	59

# 1 Einleitung

In der PV-nahen Industrie arbeiten heute viele Personen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich, ohne eine genau auf die Anforderungen passende formale Ausbildung hierfür mitzubringen. Meist wird von ihnen gefordert, sich das notwendige Fachwissen während der Arbeit selbst beizubringen. Zu diesen Personen gehören Abteilungsleiter und Projektmanager, die neben einer breiten Kenntnis ihres Arbeitsbereichs in Produktion und Entwicklung auch tiefere Kenntnis der zugrundeliegenden physikalischen und technischen Prozesse benötigen und auch den Bereich der wissenschaftlichen Weiterentwicklung fundiert mitverfolgen müssen. Diese Zielgruppen verfügen in der Regel über erste akademische Abschlüsse mit denen sie in die wissenschaftliche Weiterbildung einsteigen können.

Eine weitere Zielgruppe, die in der Praxis häufig wegen nebenberuflicher Weiterbildung anfragt, sind Meister und Techniker, die sich einerseits beruflich breiter aufstellen möchten und andererseits einen akademischen Abschluss erwerben möchten. Meister und Techniker besitzen oft sehr großes Praxiswissen und eine große Begeisterungsfähigkeit für technische Fragestellungen. Sie sind aber weniger gewohnt, sich mit einer Problemlösung wissenschaftlich tiefgehend zu beschäftigen und haben keine Erfahrung hinsichtlich einer hohen eigenständigen Studierdisziplin.

Im Rahmen dieses Projektes stehen zudem besonders fachfremde Akademiker im Mittelpunkt. Dies sind einerseits arbeitslose Akademiker mit Abschlüssen aus MINT-fremden Berufsfeldern, die zur Erwerbstätigkeit einen Quereinstieg in andere Berufsfelder wagen müssen. Andererseits sind es Akademiker, die an Grenzgebieten von Technologie und anderen Disziplinen arbeiten. Dies können beispielsweise technische Journalisten sein, Mitarbeiter von Genehmigungsbehörden und Ministerien oder Bankmitarbeiter, die technische Anlageportfolios im Bereich der Solarenergie begutachten. Diese Zielgruppen besitzen oft eine große Fähigkeit selbstgesteuert und diszipliniert zu Studieren.

Da das Studium im Solar Energy Engineering (SEE) ingenieur- und naturwissenschaftliches Wissen auf Masterniveau vermittelt, benötigen die Teilnehmer ein gutes Vorwissen in den betroffenen Fachdisziplinen. Dies sind insbesondere Kenntnisse in Festkörperphysik und Optik, Elektrotechnik sowie Fähigkeiten im Umgang mit mathematischen Werkzeugen. Hier kommen die in diesem Vorhaben zu untersuchenden „Brückenmodule“ ins Spiel, die einen schnellen, konzentrierten Ein- und Umstieg in das ingenieur- und naturwissenschaftliche Studium im Bereich Solar Energy Engineering ermöglichen sollen.

Potenzielle Kursteilnehmer müssen ein hohes Maß an Lernbereitschaft sowie ein Interesse an beruflichem Fortkommen besitzen. Als Altersgruppe wird daher ein Personenkreis im Alter von 28-45 Jahren als Kernzielgruppe anvisiert. In dieser Altersgruppe ist, besonders bei einem berufsbegleitenden Studienangebot, überwiegend ein bereits bestehender beruflicher Hintergrund und ein starkes Interesse an beruflicher Weiterentwicklung anzunehmen.

Die Solarbranche geht derzeit durch schwierige Zeiten. Die weltweite Wirtschaftskrise des Jahres 2009 ließ die Branche zunächst unbeeindruckt. Mit etwa zweijähriger Verzögerung kam jedoch auch die Solarindustrie wegen erheblicher weltweiter Überkapazitäten und eines gegenüber den Prognosen wesentlich geringeren Anstiegs der Nachfrage in eine Rezession. Noch am Beginn des Projekts herrschte weltweit erheblicher Fachkräftemangel in der Photovoltaik-Industrie und den Zulieferbetrieben. Die langfristigen Aussichten der Branche sind jedoch sehr

gut. Ein weltweit zu beobachtender nachhaltiger Trend von fossilen und nuklearen Brennstoffen hin zur regenerativen Erzeugung von Energie wird immer ganz wesentlich von der Verfügbarkeit hochentwickelter Photovoltaik-Module abhängen. Die nachhaltige Gestaltung eines Studienangebots in konjunkturell stark schwankenden Zeiten ist daher Thema des Kapitel 4.

## 2 Der Modul-Baukasten Solar Energy Engineering

### 2.1 Grundkonzept der Modularisierung

Im Teilprojekt Solar Energy Engineering wurde ein Baukasten aus aufeinander anrechenbaren Modulen entwickelt. Dies soll in Anlehnung an das offizielle System der Hochschulweiterbildung in der Schweiz geschehen. Es stützt sich ab auf die Bologna-Empfehlungen der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten (CRUS) sowie auf den nationalen Qualifikationsrahmen für den Hochschulbereich nqf.ch-HS. Das von der Uni Freiburg übernommene System der Weiterbildungsabschlüsse ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Universität Freiburg hat dieses System als grenznahe Universität eingeführt und eine Kooperationsvereinbarung mit Swissuni getroffen. In diesem Zusammenschluss von Weiterbildungsstellen der Schweiz werden universitäre Weiterbildungsangebote mit klaren Formaten und gemeinsamen Qualitätsrichtlinien entwickelt. Dies dient der Schaffung eines vergleichbaren Studienangebotes mit dem unterschiedliche Formate von Weiterbildung gegenseitig anerkannt werden können.

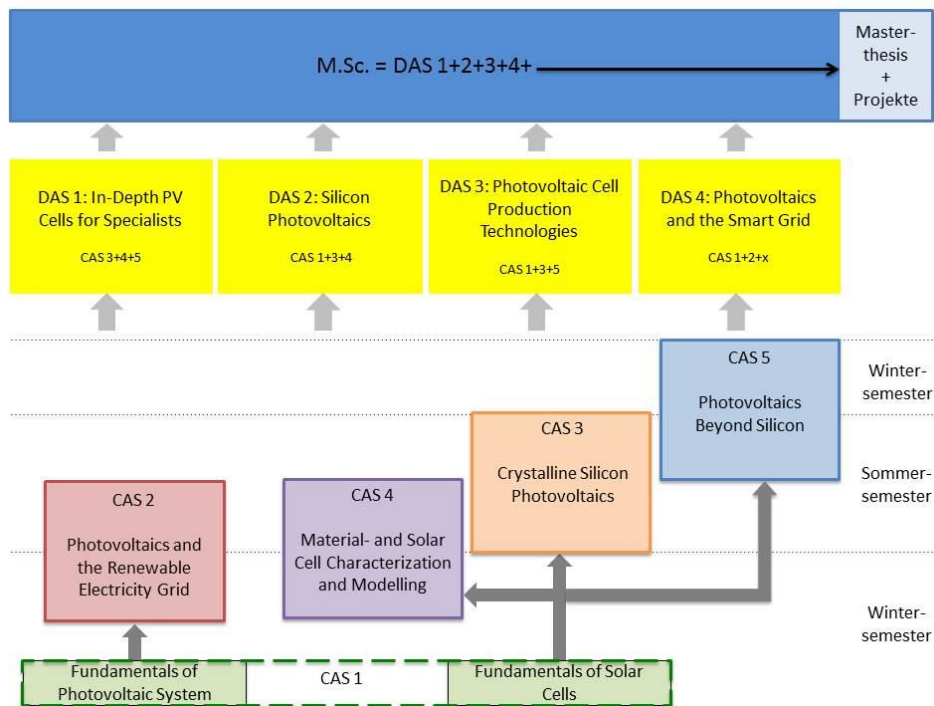
Level	Weiterbildungs-Master	Weiterbildungs-Diplom	Weiterbildungs-Zertifikat	Weiterbildungskurs	Postgraduale Ausbildung
Abschluss/ Titel	MAS: MA / MSc MBA / MAS (Advanced Studies)	DAS: Diploma of Advanced Studies	CAS: Certificate of Advanced Studies	Teilnahme- bestätigung	Approbation und Fachkunde- nachweis
Credits (Workload)	90 -120 (2700-3600 Std.)	mind. 30 (900 Std.)	mind. 10 (300 Std.)	optional	keine
Dauer (berufsbegleitend)	4 - 7 Semester	1 - 2 Semester (mind. 45 Wochen)	ca. 1 Semester (mind. 15 Wochen)	bis zu 1 Semester	mind. 3 Jahre

Abbildung 1: Weiterbildungsformate der Uni Freiburg in Anlehnung an Swissuni.

Hintergrund der Baukasten-Idee ist, dass einzelne kleinere Module einfacher vermarktbar erscheinen als ganze Masterstudiengänge. Die Studierenden müssen sich nur für kurze, überschaubare Zeiten binden, haben jedoch den Vorteil, das Gelernte in anderem Rahmen angerechnet zu bekommen.

### 2.2 Inhaltliche Verzahnung und zeitlicher Ablauf

Der hier entwickelte Baukasten besteht aus 2 Zertifikatskursen mit jeweils 5 ECTS-Punkten, 5 CAS Modulen mit 10 bis 15 ECTS-Punkten und 4 DAS-Modulen mit jeweils ca. 30 ECTS-Punkten. Die Module sind jeweils aufeinander anrechenbar und auf den Masterstudiengang an der Uni Freiburg im Bereich Photovoltaik anrechenbar. Abbildung 2 stellt die Verzahnung der Module dar.



**Abbildung 2: Aufbau des Kursprogramms im Bereich Solar Energy Engineering (SEE).**

Die Kurse „Fundamentals of Solar Cells“ und „Fundamentals of Photovoltaic Systems“ aus dem CAS-Modul 1 sind von zentraler Bedeutung für das Konzept Feingliederung des Teilprojekts Solar Energy Engineering. Das Modul bietet die Besonderheit, dass die darin angebotenen Kurse sowohl als Zertifikatskurse die Grundlagen für alle anderen CAS-Module sind, als auch im Verbund als CAS-Modul studierbar sind.

Die Kurse liegen jeweils am Beginn des Wintersemesters, da sie (oder äquivalente Kenntnisse) Voraussetzung für das Studium weiterer CAS-Module sind. Der zeitliche Verlauf der Module ist in Abbildung 3 und Abbildung 4 gezeigt. Eine Einteilung in klassische Semester wird dadurch zugunsten einer zeiteffizienten Studierbarkeit aufgebrochen.

Die zu erbringende Arbeitsleistung wird mit etwa 25 Zeitstunden pro ECTS Punkt eingestuft. Die Module sind im zeitlichen Ablauf des Semesters so angelegt, dass 1,5 CAS Module in einem Semester belegt werden können.

Die Arbeitsbelastung ist so verteilt, dass mehrere CAS-Module parallel studiert werden können.



Wintersemester																									
		Oktober				November				Dezember				Januar				Februar				März			
		40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
CAS 1	Fundamentals of Solar Cells																								
	Fundamentals of Photovoltaic Systems																								
CAS 2													Selected Semiconductor Devices												
													Grid Integration and control of PV Systems												
CAS 4													Material and Solar Cell Characterization												
													Hands-on Measurement Instrumentation												
CAS 5													Inorganic Thin Film Solar Cells												

Präsenz Phase

Vorlesungsfreie Zeit

**Abbildung 3: Ablaufplan des Wintersemesters**

Sommersemester																									
		April				Mai				Juni				Juli				August				September			
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	15
CAS 2	Smart Grids and Energy Autonomous Communities												Technologies for Renewable Energy Conversion												
	CAS 3	Feedstock and Crystallization				Silicon Solar Cells				Solar Cell Production Technology				Silicon Module Technology											
Hands On Solar Cell Processing																									
CAS 4	Numerical Simulation of Solar Cells												Advanced Material and Solar Cell Characterization												
	CAS 5	Advanced Solar Cell Processing				New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion				III-V Solar Cells and Concentrator Systems															

Präsenz Phase

Vorlesungsfreie Zeit

**Abbildung 4: Ablaufplan des Sommersemesters.**

## 2.3 CAS-Module

### 2.3.1 CAS-Modul 1: „Fundamentals of Photovoltaics“

Dieses CAS-Modul besteht aus zwei Kursen, die sich auf die grundlegenden physikalischen Prozesse der Solarzellen und Photovoltaik-Anlagen fokussieren. Es werden die grundlegenden physikalischen Prozesse der photovoltaischen Energieumwandlung, die eine wesentliche Voraussetzung für alle wissenschaftlichen und technologischen Aktivitäten in der Photovoltaik ist, gelehrt. Außerdem gibt dieses CAS-Modul einen breiten Überblick über Installation und Optimierung von Photovoltaik-Anlagen auf dem Feld.

Die beiden Kurse „Fundamentals of Photovoltaic Systems“ und „Fundamentals of Solar Cells“ können als Zertifikatskurse studiert werden und sind für die CAS-Module 2 bis 5 anrechenbar.

Voraussetzung für die Teilnahme ist ein abgeschlossenes Masterstudium der Physik, Mikrosystemtechnik oder verwandter Fächer oder das hier entwickelte zielgruppenspezifische Brückenmodul. Das CAS-Modul wird im Wintersemester durchgeführt. Alle Kurse des Moduls sind Vorlesungen. Diese werden in einer Online Phase durch die Studierenden mit tutorieller Betreuung bearbeitet, und am Ende durch eine entsprechende Prüfungsleistung abgeschlossen und zertifiziert.

Kurs-Nr.	Titel	Typ	ECTS
1.1	Fundamentals of Photovoltaic Systems	e-Lecture	5
1.2	Fundamentals of Solar Cells	e-Lecture	5

**Tabelle 1: Inhalte des CAS-Moduls 1: Fundamentals of Photovoltaics. Details finden sich in der Modulbeschreibung im Anhang.**

### 2.3.2 CAS-Modul 2: „Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid“

Dieses CAS-Modul bietet elektrotechnische Grundlagen im Bereich Photovoltaik. Es bedient die Nachfrage nach Inhalten zu aktuellen, politischen diskutierten Themen wie intelligente Stromnetze und neuen Technologien zur Umsetzung der erneuerbaren Energien. Die Teilnehmer benötigen kein spezifisches Wissen in Halbleiterphysik oder Festkörperphysik. Deshalb ist dieses Modul für Hochschulabsolventen aus dem elektrotechnischen Bereich besonders interessant. Diese können mit dem Zertifikatskurs „Fundamentals of Photovoltaic Systems“ in das CAS-Modul einsteigen. Gleiches gilt für Mikrosystemtechniker und Physiker mit Masterabschluss.

Das Modul beinhaltet unterschiedliche Veranstaltungstypen. Es enthält zwei Seminare in denen Studierende eigenständige Themen nach Absprache mit dem Dozenten erarbeiten und in der Präsenzphase oder in einem virtuellen Klassenzimmer einen Vortrag halten.

Kurs-Nr.	Titel	Typ	ECTS
2.1	Technologies for Renewable Energy Conversion	Seminar	2
2.2	Grid Integration and control of PV Systems	e-Lecture	4
2.3	Selected Semiconductor Devices	Seminar	2
2.4	Smart Grids and Energy Autonomous Communities	e-Lecture	2

**Tabelle 2: Inhalte des CAS-Moduls 2: Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid. Details finden sich in der Modulbeschreibung im Anhang.**

### 2.3.3 CAS-Modul 3: „Crystalline Silicon Photovoltaics“

Solarzellen aus Mono- und Multikristallinem Silizium sind weiterhin mit großem Abstand die wichtigsten Solarzellentypen. Von der Gewinnung des Rohstoffes Silizium bis zur Herstellung der Module wird die gesamte Wertschöpfungskette abgebildet. Zielgruppe dieses Moduls sind Personen, die beruflich ins Themenfeld Silizium-Photovoltaik einsteigen. Das Modul umfasst vier Vorlesungen und ein Praktikum. Das Praktikum wird in der Präsenzphase im Herbst durchgeführt und zuvor mittels Lehrmaterialien auf der Lernplattform ILIAS vorbereitet.

Voraussetzung für die Teilnahme ist ein abgeschlossenes Masterstudium der Physik, Mikrosystemtechnik oder verwandter Fächer oder das hier entwickelte zielgruppenspezifische Brückenmodul und die Belegung des Zertifikatskurses „Fundamentals of Solar Cells“. Das CAS-Modul wird im Sommersemester durchgeführt. Alle Kurse des Moduls sind Vorlesungen. Diese werden in einer Online Phase durch die Studierenden mit tutorieller Betreuung bearbeitet, und am Ende durch eine entsprechende Prüfungsleistung abgeschlossen und zertifiziert.

Kurs-Nr.	Titel	ECTS
3.1	Feedstock and Crystallization	2
3.2	Silicon Solar Cells – Structure and Analysis	2
3.3	Solar Cell Production Technology	2
3.4	Solar Module Technology	2
3.5	Hands-on Solar Cell Processing	3

**Tabelle 3: Inhalte des CAS-Moduls 3: Crystalline Silicon Photovoltaics. Details finden sich in der Modulbeschreibung im Anhang.**

#### 2.3.4 CAS-Modul 4: „Material- and Solar Cell Characterization and Modelling“

Das CAS-Modul setzt den inhaltlichen Schwerpunkt auf die Messung und Bestimmung zentraler Parameter die für die Herstellung hocheffizienter Solarzellen wichtig sind. Neben einem Messtechnikpraktikum vermitteln die Kurse Methoden zur Simulation und Bestimmung einzelner Bestandteile der Solarzellen. Der Grundlagenkurs Material- and Solar Cell Characterization wird durch ein Seminar ergänzt, das vertiefende Inhalte bietet. Der Kurs Numerical Simulation of Solar Cells ergänzt das Studienangebot in Richtung der Simulation von Solarzellen.

Voraussetzung für die Teilnahme ist ebenfalls ein abgeschlossenes Masterstudium der Physik, Mikrosystemtechnik oder verwandter Fächer oder das hier entwickelte zielgruppenspezifische Brückenmodul und die Belegung des Zertifikatskurses „Fundamentals of Solar Cells“. Das CAS-Modul kann direkt in Anschluss an die vorbereitenden Kurse studiert werden. Das Praktikum wird durch Teilnahme sowie einem anschließend anzufertigen Praktikumsbericht erfolgreich abgeschlossen; die anderen Kurse durch das Bestehen der Kursprüfungen.

Kurs-Nr.	Titel	ECTS
4.1	Material- and Solar Cell Characterization	3
4.2	Hands-on Measurement Instrumentation	2
4.3	Numerical Simulation of Solar Cells	3
4.4	Advanced Material and Solar Cell Characterization	2

**Tabelle 4: Inhalte des CAS-Moduls 4: Material- and Solar Cell Characterization and Modelling. Details finden sich in der Modulbeschreibung im Anhang.**

#### 2.3.5 CAS-Modul 5: „Photovoltaics Beyond Silicon“

Dieses Modul vermittelt aktuelle Solarzellenkonzepte außerhalb des Bereichs der Silizium-Photovoltaik. Es wird über organische Solarzellen gesprochen, über Dünnschichttechnologien und auch über Konzepte aus der Mikroelektronik-Prozessierung, die in die Photovoltaik einfließen können.

Voraussetzung für die Teilnahme ist ebenfalls ein abgeschlossenes Masterstudium der Physik, Mikrosystemtechnik oder verwandter Fächer oder das hier entwickelte zielgruppenspezifische Brückenmodul und die Belegung des Zertifikatskurses „Fundamentals of Solar Cells“. Das CAS-Modul kann direkt in Anschluss an den Zertifikatskurs studiert werden. Das Modul enthält sowohl Vorlesungen als auch ein Seminar. Das Seminar wird als Online Seminar in einem virtuellen Klassenzimmer durchgeführt.

Kurs-Nr.	Titel	Typ	ECTS
5.1	Inorganic Thin-Film Solar Cells	e-Lecture	4
5.2	III-V Solar Cells and Concentrator Systems	e-Lecture	3
5.3	New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion, Organic and Third Generation Photovoltaics	e-Lecture	2
5.4	Advanced Solar Cell Processing	e-Seminar	2

**Tabelle 5: Inhalte des CAS-Moduls 5: „Photovoltaics Beyond Silicon“. Details finden sich in der Modulbeschreibung im Anhang.**

## 2.4 DAS Module

Die oben beschriebenen DAS-Module sind auf andere DAS-Module und den Masterstudien-gang an der Uni Freiburg im Bereich Photovoltaik anrechenbar. Die vier DAS-Module sind in den folgenden Tabellen beschrieben.

### 2.4.1 DAS-Modul 1: In-Depth PV Cells for Specialists

Dieses DAS-Modul richtet sich an Interessenten, die schon im Bereich der Photovoltaik arbeiten und die Grundlagen der Photovoltaik bereits kennen. Es behandelt die Solarzellenprozessierung, -Charakterisierung und –Modellierung in großer Tiefe.

Kurs-Nr.	Titel	ECTS
CAS 3	Crystalline Silicon Photovoltaics	11
CAS 4	Material- and Solar Cell Characterization and Modelling	10
CAS 5	Photovoltaics Beyond Silicon	11

### 2.4.2 DAS-Modul 2: Silicon Photovoltaics

Dieses DAS-Modul richtet sich an Interessenten, die in den Bereich der Silizium-Photovoltaik einsteigen möchten und bei den Grundlagen der Photovoltaik starten. Es behandelt die Grundlagen der Solarzellenphysik, Grundlagen zu Photovoltaischen Modulen und deren Verschaltung im Netz. Im Bereich der Silizium-Technologie wird die Silizium-Solarzellenprozessierung, -Charakterisierung und –Modellierung in großer Tiefe behandelt.

Kurs-Nr.	Titel	ECTS
CAS 1	Fundamentals of Photovoltaics	10
CAS 3	Crystalline Silicon Photovoltaics	11
CAS 4	Material- and Solar Cell Characterization and Modelling	10

### 2.4.3 DAS-Modul 3: Photovoltaic Cell Production Technologies

Dieses DAS-Modul richtet sich an Interessenten, die im Bereich der Herstellung und des Detail-verständnisses von Solarmodulen sehr breit aufgestellt sein möchten. Es behandelt die Grund-lagen der Solarzellenphysik. Im Bereich der Prozessierung von Solarzellen werden die Silizium-Technologie, die Dünnschicht-Technologie und die organische Solarzellen in großer Tiefe be-handelt.

Kurs-Nr.	Titel	ECTS
CAS 1	Fundamentals of Photovoltaics	10
CAS 3	Crystalline Silicon Photovoltaics	11
CAS 5	Photovoltaics Beyond Silicon	11

#### 2.4.4 DAS-Modul 4: Photovoltaics and the Smart Grid

Dieses DAS-Modul richtet sich an Interessenten, die im Bereich der Stromnetze arbeiten und forschen möchten. Es behandelt die Grundlagen der Photovoltaik und deren Einbindung ins Stromnetz. Im Bereich der Netze wird das Smart Grid in großer Tiefe behandelt. Eine nicht im Projektplan enthaltene und noch zu erstellende Veranstaltung zum Thema „Smart Markets“ rundet das Modul ab.

<b>Kurs-Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>ECTS</b>
CAS 1	Fundamentals of Photovoltaics	10
CAS 2	Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid	10
CAS x	Smart Markets	10

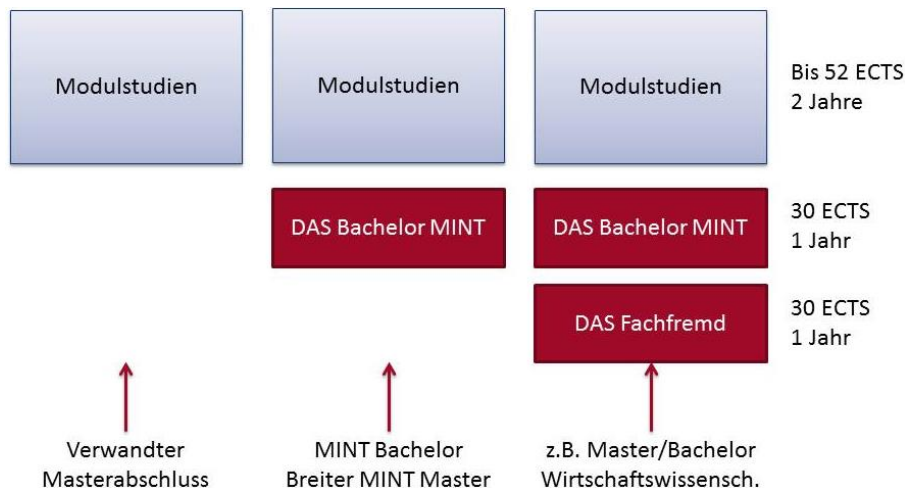
## 3 Brückenmodule – Transfer zwischen Wissensfeldern ermöglichen

### 3.1 Hintergrund und Zielsetzung

Ziel des Arbeitspaketes ist es, berufliche Neuorientierungen zu ermöglichen und akademische Lebensläufe durch lebenslanges Lernen zu flexibilisieren. Um den Einstieg mit verschiedenen Abschlüssen und aus anderen Fachdisziplinen zu ermöglichen, sollen in diesem Projekt geeignete Brückenmodule etabliert werden. Zielgruppen des Programms Solar Energy Engineering sind Studierende mit Bachelor-Abschlüssen im breiten technisch-naturwissenschaftlichen Bereich und zum anderen Studierende aus nicht-MINT-Fächern, insbesondere aus Fachbereichen mit schlechten Berufsaussichten. So kann der Personalengpass im MINT-Bereich gemildert werden und Grenzgebiete zwischen Technologie und mehr sozial orientierten Wissenschaften, wie der Verwaltung, Politik und Wirtschaft, mit gut ausgebildetem Personal bedient werden. Folgende Personen werden durch Brückenmodule besonders adressiert:

- Personen, die zurzeit ihren Beruf nicht ausüben können, können sich eine berufliche Neuorientierung erschließen (arbeitslose Akademiker).
- Personen, die eine breite Bildung im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich haben und sich beruflich spezialisieren möchten, können sich so zukunftsfähiges Spezialwissen aneignen (breite MINT-Absolventen).
- Personen, die sich eine Neuausrichtung wünschen (lebenslange Selbstverwirklichung, späte Berufung).
- Personen, die einen Wiedereinstieg in das Berufsleben anstreben und sich auf den aktuellen Wissensstand in ihrem Fach bringen möchten (Wiedereinstieg, z.B. nach Familien- oder Pflegezeiten).

Um in dem ingenieurwissenschaftlichen Studium auf Masterniveau des Teilprojekts 6 erfolgreich studieren zu können, sind tiefgehende Kenntnisse in Mathematik, Physik und Elektrotechnik notwendig. Die Vorbereitung der Studierenden geschieht durch verschiedene Brückenmodule. Da Bachelorabsolventen aus verwandten ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen bereits sehr gute Voraussetzungen mitbringen, wird zunächst ein DAS-Modul mit 30 ECTS konzipiert, das diese Bewerber mit passendem Bachelor-Abschluss auf das tiefgehende Studium im SEE vorbereitet (Modul A). Diesem Modul vorgeschaltet wird ein weiteres Brückenmodul für fachfremde Studierende mit ebenfalls 30 ECTS. Dadurch sollen fachfremde Studierende schnell und effizient die erforderlichen Kompetenzen im technischen und naturwissenschaftlichen Bereich erlernen.



**Abbildung 5: Konzept der Brückenmodule. Je nach vorhergehendem Abschluss werden unterschiedliche Brückenmodule vorgeschaltet.**

In diesem Teilprojekt werden zwei Brückenmodule entwickelt. Zum einen ein Modul für Bewerber mit einem MINT-Bachelor oder mit einem nicht 100% passenden MINT-Master-Abschluss (z.B. Biologie, Chemie, Wirtschaftsingenieur). Für ganz fachfremde Studierende wird dann ein weiteres Brückenmodul entwickelt, das auf das Brückenmodul für MINT-Bachelor vorbereitet.

Brückenmodule für Meister und Techniker wurden in diesem Teilprojekt ausführlich untersucht. Da das Hauptinteresse, Meister und Techniker anzusprechen, beim Fraunhofer ISE liegt und auch das Interesse des Z-Teilprojekts geweckt hat, wird diese Entwicklung mit niedrigem Workload unterstützt. Die ausführlichen Untersuchungen der Zielgruppen haben ergeben, dass die Zielgruppe für das Teilprojekt selbst nicht adressierbar ist.

Das Studium der Brückenmodule erfolgt ebenfalls nebenberuflich im Blended Learning.

### 3.2 Kompetenzanforderungen im Bereich SEE

Um die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten für das Photovoltaik-Studium zu erkennen, wurden die PV-spezifischen Vorlesungen des SEE-Studiums inhaltlich analysiert. Dabei wurde bewertet, welche Kenntnisse und Fähigkeiten in grundlegenden ingenieur- und naturwissenschaftlichen Themen verlangt werden und wie stark diese gewichtet sind. Ausgewählt wurden die Kategorien Festkörperphysik, Optik, Quantenphysik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, mathematische Methoden, Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK), Numerische Simulation, Ökonomie und Politik. Bewertet wird von 0 (kaum notwendig) bis 3 (sehr notwendig).

	Festkörperphysik	Optik	Quantenphysik	E-Tech	Maschinenbau	Chemie	Math. Methoden	IuK	Num. Simulation	Ökonomie	Politik
<b>Fundamentals of Solar Cells</b>	2	3	1	0	0	2	2	0	1	0	0
<b>Fundamentals of Photovoltaic Systems</b>	0	0	0	3	1	0	3	0	1	0	0
<b>Material and Solar Cell Characterization</b>	3	0	3	0	1	2	1	0	0	0	0
<b>Hands-on Measurement Instrumentation</b>	2	1	1	2	1	2	1	0	0	0	0
<b>Selected Semiconductor Devices</b>	3	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0
<b>Grid Integration and Control of PV Systems</b>	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0
<b>Feedstock and Crystallization</b>	3	0	3	0	2	3	2	0	0	0	0
<b>Silicon Solar Cells – Structure and Analysis</b>	3	3	3	1	0	0	2	0	0	0	0
<b>Solar Cell Production Technology</b>	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	0
<b>Hands-on Solar Cell Processing</b>	2	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0
<b>Silicon Module Technology and Reliability</b>	0	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0
<b>Inorganic Thin-Film Solar Cells</b>	3	3	3	1	1	2	2	0	0	0	0
<b>III-V Solar Cells and Concentrator Systems</b>	3	3	3	3	2	2	2	0	0	0	0
<b>Technologies for Renewable Energy Conversion</b>	0	0	0	3	1	0	2	1	0	2	0
<b>Smart Grids and Energy Autonomous Communities</b>	0	0	0	3	0	0	2	2	0	2	2
<b>Numerical Simulation of Solar Cells</b>	1	1	0	0	0	0	3	0	3	0	0
<b>Advanced Material and Solar Cell Characterization</b>	3	3	3	2	2	0	2	0	0	0	0
<b>New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion</b>	3	3	3	1	1	1	3	0	0	0	0
<b>Advanced Solar Cell Processing</b>	3	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

**Tabelle 6: Die zu Projektbeginn existierenden Lehrveranstaltungen sind nach ihren notwendigen Vorkenntnissen aus ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fachgebieten bewertet. Bewertung zwischen 0 (nicht) bis 3 (viel).**

Es zeigt sich, dass die physikalischen Themen (Festkörperphysik, Optik und Quantenphysik), Elektrotechnik und mathematische Methoden eine hohe Wertigkeit erreichen. Kategorien mit zweithöchster Wertigkeit sind Chemie sowie Maschinenbau.

### 3.3 Akademiker mit MINT-Bachelor oder breitem MINT-Master

Vorhanden sind gute Studierfähigkeit und ein gutes Grundverständnis für alle technisch-naturwissenschaftlichen Inhalte. Unterschiedliche Fachrichtungen haben in einzelnen kleinen Bereichen geringe Defizite. Diese Defizite können durch ein Repetitorium der Grundlagen der Mathematik, Physik und Elektrotechnik im ersten Semester aufgefangen werden. Im zweiten Semester erfolgt dann die vertiefte Vorbereitung im Bereich der Halbleiterphysik und der Halbleiter-Prozessierung. Zur Motivation ist im ersten Semester noch ein Kurs über die Energiebedürfnisse und das Energieangebot enthalten, der den Themenbereich der Solarenergie und der erneuerbaren Energien insgesamt aus der Vogelperspektive beleuchtet.

Das Konzept für dieses Vorkursmodul wurde im Rahmen des Teilprojekts entwickelt und im Rahmen des Master Online umgesetzt. Die entsprechende Studien- und Prüfungsordnung wurde im Februar 2013 erlassen.



### 3.4 Fachfremde Akademiker

Die Umschulung fachfremder Akademiker ist wesentlich schwerer. Die Vorbildung dieser Kandidaten im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist sehr inhomogen. Zudem kommt die persönliche Neigung ins Spiel, die einen Kandidaten ja für das erste Studium in eine andere Studienrichtung getrieben hat. Insofern ist zusätzlich zu den Fachkompetenzen auch auf die Persönlichkeitsstruktur der Personen zu achten.

Nach unseren Recherchen der vorhandenen fachfremden Abschlüsse zeichnen sich zwei grundverschiedene Zielgruppen ab, die sich in ihren Kompetenzen im Bereich der Mathematik wesentlich unterscheiden. Absolventen aus den Bereichen der Wirtschaftswissenschaften haben häufig (insbesondere im Bereich der Volkswirtschaftslehre) sehr starke Mathematikkenntnisse und auch die modellhafte, abstrakte, stark vereinfachte mathematische Beschreibung natürlicher Systeme ist diesen Personen sehr vertraut. Andere Wissenschaften, insbesondere in den Sozialwissenschaften, Rechtswissenschaften und Sprachwissenschaften haben kaum eine formalisierte Ausbildung im Bereich der komplexeren Mathematik.

#### 3.4.1 Fachfremde Akademiker mit geringen Mathematik-Kenntnissen

Aus wissenschaftlichem Interesse wurde zunächst mit der weiter entfernten Zielgruppe begonnen, die kaum Mathematikkenntnisse besitzt. Dazu wurde eine erste Probandin aus dem Bereich Literaturwissenschaft gewonnen, die sich auf ein solches Experiment einlassen wollte. Sie besitzt einen Bachelorabschluss im Fach Englisch und Deutsch und einen Masterabschluss im Fach englische Literaturwissenschaft. Beruflich ist sie schon heute im technischen Bereich tätig. Sie führt Auftragsarbeiten in drei Messverfahren in der photovoltaischen Forschung aus. Bei dieser Tätigkeit ist ein Verständnis der zu bedienenden Maschinen notwendig. Hierbei konnte die Probandin ihre Begeisterung für den Ingenieursberuf entdecken. Vertiefte Kenntnisse musste sie sich für die korrekte Ausführung ihrer Arbeiten bisher jedoch nicht aneignen. Um sich berufliche Entwicklungsmöglichkeiten bei ihrem heutigen Arbeitgeber zu ermöglichen, ist die Probandin an einem Masterabschluss im Bereich Solarenergie interessiert.

Um bei diesem Risiko effizient mit finanziellen Ressourcen umzugehen, hielten wir es für sinnvoll, in einem ersten Testlauf bestehende Vorlesungen aus dem Angebot der Universität zu nutzen. Erst in einem späteren Durchlauf sollten die Inhalte anhand der gewonnen Erkenntnisse optimiert und auf das notwendige Maß reduziert werden und dann in fernstudierbare Online-Module bereitgestellt werden. Mit dem Studiendekan und mit dem Justizariat für Studium und Lehre wurde ein Konzept ausgearbeitet, mit dem diese Probandin aufbauend auf den hier getesteten Brückenmodulen bei erfolgreichem Studium einen Masterabschluss im Bereich Solar Energy Engineering erwerben kann. Die Probandin besitzt Vorkenntnisse in Mathe, Physik und Elektrotechnik lediglich auf Abitur-Niveau. Sie hat jedoch eine starke persönliche Motivation Ingenieurin zu werden.

Die Probandin studiert das im Folgenden beschriebene Brückenmodul seit dem Wintersemester 13/14. Die Inhalte des Brückenmoduls wurden im Vorfeld auf Basis einer Auswertung der Lehrpläne verschiedener MINT-ferner Studiengänge aus bestehenden Angeboten verschiedener Fakultäten zusammengestellt. Beim Studium wird die Probandin sehr eng vom Projektteam begleitet und betreut, um die Schwierigkeiten beim Studium zu identifizieren und Wissenslücken zu erkennen. Durch Vergleich mit Lehrplänen und Identifikation der persönlichen Stärken und Schwächen wird abgeschätzt, ob ein individuelles Problem vorliegt, das durch Betreuung gelöst werden muss, oder ob ein die gesamte Zielgruppe betreffendes Problem bei der Stoffvermittlung vorliegt. Die Erkenntnisse fließen in die Überarbeitung des Brückenmoduls ein. Ein weiterer Pilotdurchlauf mit einem verbesserten Curriculum ist für das Wintersemester 2014/15 geplant.

Die Arbeitsbelastung soll im Brückenmodul einem 50% Studium entsprechen. Dadurch werden Bedingungen geschaffen, wie sie auch im anschließenden Masterstudium bestehen. Das Brückenmodul soll 2 Semester dauern und entspricht im Umfang einem DAS-Modul. Die groben Inhalte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Das Brückenmodul gilt als erfolgreich abgelegt, wenn die Leistungsnachweise der jeweiligen Veranstaltungen erbracht wurden.

Kurstitel	Fakultät	Semester	Aufwand (ECTS)
<b>Mathe für Ingenieure 1</b>	Mathematik und Physik	WiSe	8
<b>Experimentalphysik 1</b>	Mathematik und Physik	WiSe	9
<b>Mathe für Ingenieure 2</b>	Mathematik und Physik	SoSe	6
<b>Einführung in die Elektrotechnik</b>	Technische	SoSe	9

**Tabelle 7: Lehrveranstaltungen des Brückenmoduls „Fachfremde mit geringen mathematischen Vorkenntnissen“ in einem ersten Testlauf. Details finden sich in der Veranstaltungsbeschreibung im Anhang.**

Der Kurse Mathematik für Studierende des Ingenieurwesens und der Informatik 1 und 2 werden normalerweise auf Bachelor-Niveau gehalten und beinhalten alle für ein erfolgreiches Ingenieurstudium wesentlichen Kompetenzen im Bereich Mathematik. Die Übungen zur Vorlesung finden wöchentlich statt. Die Bearbeitung der Übungen ist Voraussetzung zur Zulassung für die Klausur und damit für den Erhalt der Prüfungsleistung bzw. des Übungsscheins. Als Vorkenntnisse werden Schulphysik und Schulmathematik vorausgesetzt.

Die Einführung in die Experimentalphysik I behandelt die Themen: Kinematik des Massenpunktes und Newtonsche Mechanik, Mechanik starrer und deformierbarer Körper, Schwingungen und Wellen, Gase und Flüssigkeiten, Wärmelehre. Diese Physikkenntnisse sollten zusammen mit dem im Anschluss an dieses Brückenmodul zu studierenden Brückenmoduls für MINT-Bachelor die notwendigen Kenntnisse in der Physik vermitteln.

Die Vorlesung "Einführung in die Elektrotechnik" beinhaltet die Themen: Elektrische Zweipole, Magnetische Zweipole, Einfache Netzwerke, Quellen, Netzwerkanalyse, Wechselstromrechnung, Frequenzgang, Schaltvorgänge, Digitale Systeme, Halbleiter und Dioden, Bipolare Transistoren, MOSFETS, Elektromechanik. Zusammen mit dem im Anschluss an dieses Brückenmodul zu studierenden Brückenmoduls für MINT-Bachelor werden die für ein erfolgreiches SEE-Studium notwendigen Kenntnisse der Elektrotechnik gelehrt.

### **3.4.2 Fachfremde Akademiker mit starken mathematischen Vorkenntnissen**

Aus dem bisher laufenden Pilotversuch zeichnet sich bereits wie erwartet ab, dass eine Umschulung fachfremder Akademiker mit schwachem Mathematik hintergrund sehr schwierig ist. Die Ausbildung der Mathematik und die vielfache Nutzung mathematischer Modellbeschreibungen im Studienverlauf vermittelt nicht nur Fachkompetenzen, sondern prägt das strukturierte und konzeptionelle Denken. Diese Art zu denken scheint nur sehr schwer innerhalb von zwei Semestern nebenberuflich erlernbar, selbst wenn die fachlichen Kompetenzen erworben wurden. Deshalb werden für einen im Herbst 2014 geplanten weiteren Durchlauf eines Brückenmoduls zunächst fachfremde Akademiker mit besseren Mathematik-Kenntnissen adressiert.

Aus den bisherigen Erfahrungen bei der Betreuung der Pilotstudentin konnten in Abgleich mit Lehrplänen und Erfahrungen von Dozenten besonders hilfreiche Literaturabschnitte für fachfremde Studierende identifiziert werden, die die Vorlesungen unterstützen können. Die Kapitel sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Buch, Autor, Auflage	Kapitel, Inhalte, Bemerkungen
„Physik“, Tipler, 6. Auflage	Teil 3 Thermodynamik, insbesondere Kapitel 17 Zustandsgleichung,

	kinetische Gasttheorie. Zu diesem Buch gibt es noch das sogenannte „Arbeitsbuch“, welches Beispielaufgaben und Lösungen enthält.
	Teil 4 Elektrizität und Magnetismus, insbesondere Kapitel 25 Gleichstromkreise und Kap. 29 Wechselstromkreise
	Teil 5 Licht, insbesondere Kap. 31 Eigenschaften, Brechung, Beugung, Polarisierung
	Teil 6 Quantenmechanik, Kapitel 34 Welle-Teilchen-Dualismus, Kap. 35 Schrödinger-Gleichung, Kastenpotential Kap. 36, 37, 38 Atome, Moleküle, Festkörper und Bandschema
<b>Festkörperphysik“, Kittel, 14. Auflage</b>	Kapitel 7 Energiebänder, Kapitel 8 Halbleiterkristalle, Kapitel 20 Punktdefekte
<b>„Mathematik für Physiker und Ingenieure 1“ und „2“.</b>	Komplexe Zahlen und Komplexe Funktionen. Exponentialfunktionen, Logarithmus. Lineare Algebra, insbesondere mit Vektoren und Matrizen umgehen können. Determinanten, Geraden, Ebenen. Partial Derivatives. Continuity Equation, Divergence, Gauss Theorem. Kapitel zu Differentialgleichungen. Ziel: Ordinary Differential Equations lösen können.

**Tabelle 8: Inhalte eines Brückenstudiums für Fachfremde mit starken mathematischen Vorkenntnissen.**

Für den nächsten Durchlauf wird nun ein Online-Modul basierend auf aufgezeichneten Vorlesungen vorbereitet, bei dem die Buchkapitel von vornherein als geführtes Literaturstudium eingebunden werden. Zusätzlich findet die Betreuung durch das Projektteam mit Übungsaufgaben und regelmäßigem Online-Tutorat auf der oben beschriebenen Online-Plattform statt. Mit diesem Durchgang kommen wir der Formung eines dedizierten Online-Brückenmoduls für Fachfremde einen weiteren Schritt näher. Die Umsetzung in eine dedizierte e-Lecture mit vollangepassten Materialien ist dann für die zweite Förderphase geplant.

### 3.5 Brückenmodul für Meister und Techniker

Im Bund-Länder-Wettbewerb Offene Hochschulen entwickelt die hessische Hochschule Aschaffenburg ein Brückenmodul „Vom Meister zum Master“. Das Aschaffener Brückenmodul bereitet Meister aus dem Gewerk Elektrotechnik auf den Einstieg in den weiterbildenden Masterstudiengang „Elektrotechnik“ vor. Möglich wird dies durch §16 Hessisches Hochschulgesetz (HHG): „... Zu weiterbildenden Masterstudiengängen können auch Bewerberinnen und Bewerber zugelassen werden, die eine Berufsausbildung abgeschlossen haben und über eine mehrjährige Berufserfahrung verfügen. ... Die Bewerberinnen und Bewerber müssen im Rahmen einer Eignungsprüfung einen Kenntnisstand nachweisen, der dem eines für den angestrebten Studiengang einschlägigen ersten Hochschulabschlusses entspricht. ...“.

Eine Zulassung in einen Masterstudiengang scheint durch das baden-württembergische Landeshochschulgesetz (LHG) nicht möglich. §29 LHG sagt über den Zugang zum grundständigen Studium: „... Der Zugang zu einem Masterstudiengang setzt einen Hochschulabschluss oder einen gleichwertigen Abschluss voraus. ...“ §31 LHG über Zugangsvoraussetzungen zu weiterbildenden Studiengängen: „... Zugangsvoraussetzungen für diese Studiengänge sind ein erster Hochschulabschluss und eine qualifizierte berufspraktische Erfahrung von in der Regel mindestens einem Jahr ...“.

Für die Zulassung in ein wissenschaftliches Weiterbildungsstudium mit CAS- und DAS-Modulen ist die Zielgruppe jedoch geeignet und insbesondere für die Fraunhofer-Institute für angewandte

Forschung von sehr großem Interesse. Auch im Bereich des Studienangebots SEE kamen zahlreiche Anfragen nach Weiterbildung aus dieser Zielgruppe.

### 3.5.1 Zielgruppenanalyse

Um notwendige Inhalte für ein Brückenmodul für Meister und Techniker zu erkennen, wurde das Vorwissen eines Meisters und Technikers in Expertengesprächen und Gesprächen mit potentiellen Teilnehmern aus der Zielgruppe geführt. Diese sind in der unten stehenden Tabelle zusammengefasst.

Wer	Wann	Zusammenfassung
<b>DIPLOMA Studienzentrumsleiter, Eckert Schulen</b>	05/13	<p>Meistern fehlen insbesondere abstrakte Inhalte. Z.B. Mathe, physikalische Modelle.</p> <p>Sie interessieren sich mehr für anwendungsbezogenes Wissen und besitzen daher Grundlagen, z.B. in Elektrotechnik.</p> <p>Meistern sollten insbesondere in den Bereichen Mathematik und Lernkompetenzen vorbereitet werden.</p> <p>Techniker sind qualitativ ähnlich wie Meister. Man könne qualitativ ähnliche Defizite bei Technikern feststellen, aber quantitativ sind diese Defizite weniger gravierend. Eine einzige Vorkursdidaktik für beide Zielgruppen ist daher richtig. Wenn dies von Geschwindigkeit und Betreuungsintensität an die Meister angepasst ist, kommen Techniker meist recht problemlos mit.</p> <p>Englisch wird ebenfalls unterrichtet mit dem Ziel auf Messen mit internationalem Publikum eine erste Kontaktaufnahme zu ermöglichen.</p>
<b>Studierendensekretariat, Uni Freiburg</b>	05/13	<p>Die Zentrale Studierendenberatung (ZSB) weiß „beruflich Qualifizierte“ (Meister, Techniker und Menschen nach Ausbildung und in der Regel 3 Jahre Berufserfahrung) können an der Uni studieren.</p> <p>Meister können „meisterlich studieren“ und werden nach Beratungsgespräch vom Studierendensekretariat für jeden ersten Studiengang (Bachelor o.ä.) zugelassen; Techniker ebenso.</p> <p>Berufserfahrene Ausgebildete haben das Beratungsgespräch, werden zum Aufnahmetest zugelassen, bestehen einen Aufnahmetest und werden dann für das zu ihnen passende Fach zugelassen. (siehe auch studieninfo-bw.de)</p>
<b>IHK Freiburg</b>	06/13	Kann Kontakt zu Meistern herstellen.
<b>HWK Freiburg</b>	06/13	Bildungsplan Gewerk Elektrotechnik erhalten. Zeit-Rahmenpläne bereitgestellt.
<b>Geschäftsführer Solarmodulhersteller Global Makro, Ausbildung: Lehrmeister Groß- und Außenhandel,</b>	06/13	<p>Ist interessierter Meister mit Berufserfahrung in der Photovoltaik. Sagt durch Berufserfahrung kann viel Vorbildung entstehen. Er gibt ca. 10 PV-spezifische technische Fortbildungen an.</p> <p>Durch seine Fortbildung und seine große Aufgabenverantwortung ist er nicht mehr mit klassischen Meistern vergleichbar, sondern muss individuell begutachtet werden.</p>
<b>Leiter der Richard-Fehrenbach-</b>	06/13	Techniker haben in der Technikerschule Englischunterricht.

<b>Gewerbeschule</b>		<p>Im Rahmen eines handlungs- und praxisorientierten Unterrichts werden Sprechhemmungen abgebaut und das Vertrauen in die eigenen fremdsprachlichen Fähigkeiten gestärkt. Englisch, 3 Std. wöchentlich.</p> <p>Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule bildet Techniker für das Gewerk Gebäudesystemtechnik mit Spezialisierung Alternative Energien aus.</p>
<b>Fachschaft Technische Fakultät</b>	06/13	Bietet an, auf Grundlage des Vorkurses für das Mathestudium Brückenkurse in Mathematik nach Bedarf zu erstellen.
<b>2. Geschäftsführer, Solarmodulhersteller Global Makro, Ausbildung: M.Sc. Medizintechnik</b>	10/13	<p>Vorbildung wird durch Berufserfahrung sehr heterogen.</p> <p>Insbesondere für Meister in Schlüsselpositionen besteht großer Weiterbildungsbedarf.</p>
<b>Geschäftsführer Resolar</b>	11/13	<p>Meister zuzulassen sei für die Deckung von Fachkräftemangel im Bereich MINT sehr dringend.</p> <p>Zulassung aufgrund von Berufserfahrung sei auch für nicht- anerkannte ausländische Abschlüsse nützlich. Zur Schließung von Lücken in der Berufserfahrung sind bedarfsgerechte, flexibel studierbare Angebote ein wirkungsvoller Baustein.</p>
<b>Heinrich-Hertz-Schule</b>	03/14	Die Schule bildet Meister und Techniker aus und nutzt das Lehrbuch „Mathematische und elektrotechnische Grundlagen“ von Böttle/Friedrichs aus dem Vogel-Verlag. Es bietet eine gute Übersicht über Lerninhalte im Bereich Mathematik und Elektrotechnik für Meister.
<b>Fachleiter Elektrotechnik, Meisterlehrer, Walther-Rathenau-Gewerbeschule</b>	03/14	<p>Aus ZVEH-Rahmenlehrplan wird nur zu ca. 60% gelehrt, da Meisterschule nur 1 Jahr lang. In Absprache mit prüfender HWK wird auf lokale Bedürfnisse der Industrie und Wirtschaft fokussiert.</p> <p>Mathematische Fähigkeiten Meister beispielsweise: Gleichungssystem mit 2 Gleichungen ok. Lösen einer quadratischen Gleichung schwierig. Physikalische Einheiten umstellen und kürzen oft schwierig. Seine Meinung deckt sich mit der vieler Kollegen.</p> <p>Meisterschüler haben sehr großes Spektrum. Insbesondere theoretische Grundlagen kaum gelehrt. Schule überlegt, ob sie einen Vorkurs zur Meisterschule für Theoretisches anbieten.</p> <p>Universitären Zugang sieht er kaum erfolgversprechend. Fachhochschule ist bei besseren Schülern denkbar.</p> <p>Techniker haben mit 2 Jahren doppelt so viel Zeit. Unterrichtet werden auch Grundlagen in Mathe und Physik. Hier ist ein Zugang bei sehr guten Absolventen eher denkbar.</p> <p>Er bietet Unterstützung an: Kontakt zu guten Meisterschülern zwecks Interview. Alte Meisterprüfungen einsehbar. Probetest an seinen 24 Meisterschülern zwecks Erfahrungen sammeln. ZVEH-Rahmenlehrplan und Lehrbücher ausleihen.</p>
<b>Meisterlehrer, Walther-Rathenau-Gewerbeschule</b>	03/14	Meister in Industrie benötigen seiner Erfahrung nach praktisches Wissen. Eine kurze universitäre Weiterbildung ist zu akademisch, um im bisherigen Beruf genutzt zu werden.

Ein volles universitäres Studium dauert sehr lang, ist dann keine Erweiterung sondern eine beruflich komplette Neuausrichtung.

Seine Erfahrung aus der Schweiz: Weiterbildungsangebote müssen herausragendes Niveau haben, z.B. universitärer Master, sonst werden sie mit bestehenden Abschlüssen verglichen und von Arbeitgebern nicht angenommen. Einem Meister in universitärem Studium auf Masterniveau werden schlechte Noten unterstellt. So bekommen Absolventen von Weiterbildungsangeboten mit ungewöhnlich gering qualifizierter Zugangsberechtigung kaum neue Karrierechance angeboten.

**Tabelle 9: Experten- und Interessentengespräche zur Klärung der Vorbildung von Meistern und Technikern.**

Expertengespräche legen nahe, dass bessere Meisterschüler Wissen auf Abiturniveau mitbringen. Hierbei müssen drei Randbedingungen einschränkend berücksichtigt werden. Es liegt eine starke Abhängigkeit erstens vom jeweiligen Gewerk sowie zweitens von der persönlichen Weiterbildung des Meisters vor. Drittens wurde das Wissen oft vor vielen Jahren erworben und ist daher üblicherweise passiv oder verschwunden. Für ein Brückenmodul werden daher folgende Themen und Lernziele im Fach Mathematik empfohlen.

- Im Gebiet der Analysis kann der Student
  - Folgen und Reihen bilden und umformen. Funktionale Zusammenhänge.
  - komplexe Zahlen und komplexe Funktionen.
  - Differenzieren, Integrieren und partielle Ableitungen als Werkzeug beherrschen.
  - Problemstellungen mit gewöhnlichen Differentialgleichungen beschreiben und lösen.
- Im Gebiet Lineare Algebra kann der Student
  - Problemstellungen mit Gleichungssystemen beschreiben und lösen.
  - Er kennt Matrizen, Determinanten, Matrix Operationen als Formalismus und beherrscht sie als Werkzeuge.
  - Punkte, Geraden, Flächen mit Vektoren formal beschreiben.
  - Vektoranalysis zur Beschreibung von Feldern verstehen und umformen.
- Im Gebiet Mathematische Modellierung kann der Student
  - Parameter auf ihre Relevanz hin einschätzen und die Anzahl an Parametern sinnvoll reduzieren.
  - Daten durch Regression darstellen, Genauigkeiten angeben und Signifikanz einschätzen. Er kennt grundlegende Verteilungen, z.B. Normalverteilung.

Folgende Themen der Physik werden empfohlen. Der Student

- Betrachtet Messgenauigkeit kritisch, erkennt Fehlerquellen und beherrscht Fehlerrechnung.
- Nutzt zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene Fachbegriffe wie Frequenz, Energie, Leistung, Feldstärke, Kraft, Impuls.
- Kennt grundlegende Phänomene mit ihren mathematischen Beschreibungen, z.B. Pendel, Welle, Interferenz, Punktmasse, Schwere, Masse, Superposition.
- Versteht das Modell der Energiebänder im Festkörper. Hierzu gehören

- Grundlegende Quantenphysik, Elektronen, Atome, Orbitale, Moleküle, Molekülbindungen, Festkörper, Metalle, Halbleiter, Isolatoren.
- Fermi-Niveau, Tunneln, Photonen, Absorption von Licht, Lambert-Beersches Gesetz, Exziton, Rekombination.
- Versteht elektrische Kräfte und Elektronen, Ströme, Widerstände, Felder.
- Kennt die Hauptsätze der Thermodynamik und Entropie.
- beschreibt optische Systeme mit Brechung, Beugung, Transmission, Reflektion, abbildende Optik und Laser.

Die Elektrotechnik ist eine Disziplin aus den angewandten Wissenschaften. Sie wird in allgemeinbildenden Schulen praktisch nicht gelehrt. Die Vorbildung von Meistern auf diesem Bereich ist je nach Gewerk sehr heterogen. Für Meister aus dem Gewerk Elektrotechnik sind die hier empfohlenen Grundlagen der Elektrizität Auffrischung. Die hier empfohlenen Themen zum Schaltungsdesign und -berechnung, Güteklassifizierung und Aufbau von Bauteilen sind jedoch auch Elektrotechnik-Meistern im Wesentlichen neu. Die hier empfohlenen Inhalte sind darauf abgestimmt, Leistungselektronik für die Netzeinbindung von photovoltaischer Leistung zu verstehen. Folgende Themen der Elektrotechnik werden empfohlen.

- Grundlagen der Elektrizität: Ströme, Widerstände, Kapazität, Induktivität, elektrische Zweipole
- Elektrische Schaltungen beschreiben und analysieren können. Hierzu gehören einfache Netzwerke und Netzwerkanalyse, Wechselstromrechnung, Frequenzgang, Schaltungsvorgänge und digitale Systeme.
- Verständnis von Aufbau und Einsatz einfacher Bauteile wie Halbleiter und Dioden, Bipolare Transistoren, MOSFETS und Thyristor.

### 3.5.2 Implementierung

Eine Implementierung war im Projektplan für das Teilprojekt SEE nicht vorgesehen. Da im Teilprojekt jedoch Kompetenzen und geeignete Materialien vorhanden sind, wird eine Entwicklung in Kooperation mit der Projektkoordination an der Uni Freiburg (Z-Projekt) und dem Teilprojekt 8 Energiesystemtechnik am Fraunhofer ISE unterstützend begleitet. Fachdozenten aus dem Umfeld des Teilprojekts SEE haben sich bei Bedarf für eine Umsetzung angeboten.

Aufgrund der heterogenen Vorbildung der erwarteten Brückenkursteilnehmer ist ein sehr flexibles Angebot notwendiger Inhalte notwendig. Die Themenblöcke müssen in kleinsten thematischen Einheiten angeboten werden (Lehratome). Dadurch kann die Auswahl der Inhalte sehr effizient an die Zielgruppe angepasst werden und dadurch Studiendauer und Arbeitsaufwand gering gehalten werden. Andere Universitäten, universitäre Gruppen und private Bildungsanbieter bieten Inhalte der benötigten Art an. Hier sind Synergiepotentiale erkennbar, die nach universitätsinterner Qualitätsprüfung ausgeschöpft werden können. Hierfür wurden von der Projektkoordination und unserem Teilprojekt Kontakte ausgebaut. Interesse besteht bei der Fachschaft der Technischen Fakultät und der Fachschaft der Mathematik der Uni Freiburg, die solche Inhalte in ihrem Vorkurs für Studienanfänger anbieten. Interesse besteht auch bei Eckert Schulen, die als deutschlandweiter Anbieter von Bildung auch auf universitäres Studium vorbereiten.

Ein universitäres Projekt mit ähnlicher Zielsetzung ist Optes ([optes.de](http://optes.de)). Es bietet Möglichkeiten zur Zusammenarbeit. Es wird durchgeführt von der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, der Hochschule Ostwestfalen-Lippe und dem Verein ILIAS open source e-Learning e.V. in Zusammenarbeit mit der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg und der Zeppelin Universität.

## 4 Nachhaltigkeit und Kostendeckung – Eine Analyse und Anpassung am Beispiel des Solar Energy Engineering

Ziel dieses Projekts ist die Erweiterung der Zielgruppen des Angebots im Bereich „Solar Energy Engineering“. Um die Marktentwicklung hinreichend zu berücksichtigen erfolgte im Projekt zunächst eine ausführliche Analyse des Marktes und des existierenden Angebots.

Unabhängig von der didaktischen Umsetzung können Lehrangebote nur dann dauerhaft etabliert werden, wenn sie sich auf die Erfordernisse des Marktes einstellen, wenn sie marktfähig und vermarktbar sind, also die entstehenden Kosten gegenfinanziert werden. Daraus erwächst ein Anspruch an die Effizienz von Lernen, der an elektronische Lernangebote gestellt wird. Blended Learning-Szenarien müssen mindestens genauso effektiv und effizient sein wie traditionelle Lehre um auf Dauer eine hohe Akzeptanz und einen breiten Einsatz zu erreichen. Dabei ist es aber sehr schwierig, die geforderte Effizienz und Effektivität tatsächlich nachzuweisen.

### 4.1 Grundsätzliche Aspekte zur Stabilität der Nachfrage und zur Nachhaltigkeit

Eine Analyse der Studienangebote an deutschen und ausländischen Universitäten zeigt, dass Studienangebote bislang eher an Disziplinen und Technologien orientiert sind. Beispiele sind Physik, Chemie, Jura und auch moderne Disziplinen wie die Mikrosystemtechnik, die alle in unterschiedlichsten Branchen benötigt werden. Im Bereich der finanziell kostendeckenden wissenschaftlichen Weiterbildung werden Angebote nun vermehrt auf einen Anwendungsmarkt hin ausgerichtet. So ist es auch bei diesem Studienangebot. Es kombiniert verschiedene Kompetenzen, die bislang in unterschiedlichen Disziplinen gelehrt werden zu einem anwendungsbezogenen Lehrangebot.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass ein (vermeintlicher) Markt schnell identifiziert ist und auch klar umschrieben werden kann. Auch ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber traditionellen Angeboten wird so auf einfache Weise geschaffen. Das Vorgehen hat aber den Nachteil, dass die Nachfrage nach Weiterbildung sehr stark von der konjunkturellen Lage in der betreffenden Branche abhängt. Wenn gleichzeitig auch noch eine enge inhaltliche Fokussierung und daraus ermöglichte Tiefe angestrebt wird, so wird diese Abhängigkeit besonders gravierend. So lange die Branche stabil ist, fällt die Abhängigkeit kaum auf. In diesem Fall („Solar Energy Engineering“) ist der Konjunktur-Effekt jedoch schmerzlich sichtbar geworden. Hinter diesem Effekt steht die Beobachtung, dass Technologien und Disziplinen langsameren „Konjunkturzyklen“ unterliegen, als Marktbranchen.

Bei einem branchenbezogenen Weiterbildungsangebot müssen die weltweiten Umverteilungen in der Zielbranche genau im Auge behalten werden, um passgerechte Angebote für den deutschen Markt zu bieten und um die Internationalisierungsstrategie zeitgerecht anzupassen.

### 4.2 Stabilität und Nachhaltigkeit in den existierenden Angeboten

Hinsichtlich dieser Kriterien wurde nun das Angebot der Universität Freiburg und anderer Institutionen im Bereich der wissenschaftlichen Weiterbildung auf seine Nachhaltigkeit untersucht. Die folgende Tabelle fasst unsere Einschätzung zusammen:



Studiengang	Ort des Anbieters	Branche	Ort der Zielgruppe	Stabilität der Branche (0 – 3)	Weite des Markt-segments (0 – 3)
<b>Master Online (MO) Photo-voltaics</b>	Freiburg	Photovoltaik F&E	Deutsch (international)	0	1
<b>MO Parodontologie und Periimplantäre Therapie</b>	Freiburg	Zahnmedizin	Deutsch	3	1
<b>MO Palliative Care</b>	Freiburg	Palliative Medizin	Deutsch	2	2
<b>MO Taxation</b>	Freiburg	Rechts- und Steuerberatung	Deutsch	3	2
<b>MO Intelligente Eingebettete Mikrosysteme</b>	Freiburg	Elektronik F&E	Deutsch	3	3
<b>MO International Taxation</b>	Freiburg	Deutsches und internationales Steuerrecht	Deutsch	3	1
<b>MO Physikalisch-Technische Medizin</b>	Freiburg	Medizintechnik	Deutsch	2	3
<b>MO Logistikmanagement</b>	Stuttgart	Logistik	Deutsch	2	2
<b>MO Bauphysik</b>	Stuttgart	Baugutachten, Architektur	Deutsch	2	1
<b>MO Integrierte Gerontologie</b>	Stuttgart	Pflege, Gerontologie	Deutsch	3	2
<b>MO Wind Energy Systems</b>	Kassel	Windenergie F&E	International	2	1
<b>M.Sc. Pharmaceutical Industry</b>	Hibernia College, Irland	Pharmaindustrie	International	3	1
<b>MO Advanced Physical Methods in Radiotherapy</b>	Heidelberg	Medizin	International	3	1
<b>MO Advanced Oncology</b>	Ulm	Onkologie	International	3	1
<b>MO Digitale Forensik</b>	Albstadt-Ebingen	Informatik	deutsch	2	1
<b>Master Embedded Systems</b>	Eindhoven, Niederlande	Elektronik-Entwicklung	International	3	3
<b>M.Sc. Industrial and Applied Mathematics</b>	Eindhoven, Niederlande	Computermodellierung von Geschäftsprozessen	International	3	1
<b>Master Sustainability Environmental Management</b>	Harvard, Boston, USA	Umweltschutz	International	2	3
<b>Master Information Technology</b>	Harvard, Boston, USA	Informatik	International	3	3
<b>M.Sc. Advanced Networking</b>	Open University, London, UK	Informatik	International	3	3
<b>M.Sc. Engineering</b>	Open University, London, UK	Maschinenbau	International	3	3
<b>M.Sc. Environmental Management</b>	Manawatu, Neuseeland	Umweltschutz	International	2	2

Tabelle 10: Einschätzung zur Nachhaltigkeit verschiedener Angebote im Ingenieurwesen.

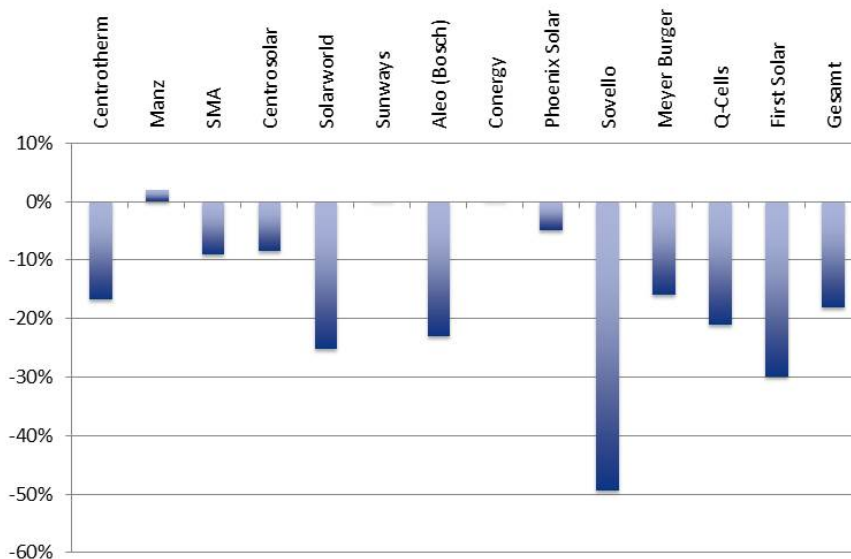
### 4.3 Stabilität und Nachhaltigkeit im Bereich „Solar Energy Engineering“

Die Marktentwicklung im Bereich der bei Antragstellung auf das enge Segment der Solarzellenherstellung fokussierte Weiterbildungsangebot im Bereich „Solar Energy Engineering“ ist beispielhaft für ein nicht nachhaltig und nicht stabil aufgestelltes Weiterbildungsangebot. Dies war im Vorhinein so nicht sichtbar, weil die Photovoltaik als Zukunftstechnologie beste Beliebtheit genoss und in der Naivität der meisten Akteure zumindest implizit ein unbegrenztes Wachstum angenommen wurde. Die Auswirkung der Abhängigkeit ist durch die Solarkrise aber sehr deutlich geworden. Für das Angebot selbst war diese Erkenntnis sehr schmerzhaft, für den Lerneffekt hatte die Marktentwicklung jedoch einen großen Nutzen. Erst sie hat eine Reflexion über die grundsätzlichen Aspekte der Nachhaltigkeit angestoßen.

#### 4.3.1 Die Marktsituation für Solar-Weiterbildung in Deutschland

Im Laufe dieses Projekts wurde die Marktsituation genau untersucht. Dazu erfolgte eine umfangreiche Analyse der Veröffentlichungen in Zeitschriften und Online-Medien. Als wichtiger Indikator für die Nachfrage nach branchenspezifischer Weiterbildung gilt die Entwicklung der Mitarbeiterzahlen. Ein großer Fachkräftemangel treibt die Nachfrage, Stellenabbau dämpft die Nachfrage.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Mitarbeiterzahlen zwischen November 2011 und Mai 2012 für die wichtigsten Unternehmen im Bereich der Solarzellenproduktion. Insgesamt wurde die Belegschaft innerhalb dieses halben Jahres um 18% abgebaut, verglichen mit Wachstumsraten zwischen 20% und 60% pro Jahr in den Vorjahren. Die Maschinenbau-Unternehmen „Centrotherm“, „Manz“ und „Meyer Burger“ waren nicht komplett auf die Solarproduktion spezialisiert, haben aber ihre Solarsparten in diesem Jahr heruntergefahren. Bei Manz konnten die Mitarbeiterverluste im Solarbereich durch Zuwächse in anderen Bereichen aufgefangen werden.



**Abbildung 6: Entwicklung des Mitarbeiterwachstums in bedeutenden Unternehmen der Solarbranche zwischen 2011 und 2012, auf dem Höhepunkt der Solarkrise. Die Zahlen wurden in 2012 aus Presseberichten zwischen Mitte 2011 und Mitte 2012 extrahiert.**

Eine Analyse des Jahres 2013, die im Laufe des Jahres 2014 geplant ist, wird voraussichtlich ein weiteres Schrumpfen des deutschen Marktes zeigen. Einige der in Abbildung 6 aufgeführten Unternehmen haben im Laufe des Jahres 2013 Insolvenz angemeldet, bzw. ihre Solarsparten mit erheblichen Mitarbeiterverlusten abgestoßen oder geschlossen.

### 4.3.2 Weltweite Umverteilung der Wertschöpfung

Die Krise in der Photovoltaik-Branche hat zu einer weltweiten Umverteilung der Wertschöpfung geführt. Die systematische Analyse dieser Umverteilung ist nicht trivial. Sie wurde im Rahmen des Projekts durch eine umfangreiche Analyse von Pressemeldungen in den wichtigsten Medien der Branche im Laufe des Jahres 2013 und 2014 u.a. für das Krisenjahr 2012 durchgeführt wurde.

Tabelle 11 zeigt die Beobachtungen hinsichtlich der weltweiten Marktentwicklung in den markt-relevanten Zeitschriften. Die Meldungen zeigen eine Verschiebung der Solarzellenproduktion in den Ostasiatischen Raum, wobei China zwar kaum Zuwächse verzeichnen konnte, aber auch keine starken Markteinbrüche erlebte. Insbesondere die asiatischen Schwellenländer wie Malaysia und die Philippinen konnten Zuwächse im Wertschöpfungsbereich der Solarzellenproduktion verzeichnen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Herstellung von Solarzellen nun zu einem Billiglohnprozess geworden ist, für den das Kostenumfeld in Hochlohnländern unpassend ist.

Auffällig ist jedoch auch, dass der Solar-Maschinenbau nicht so starke Abwanderungsbewegungen erlebte, wie die Solarzellenproduktion. Alle wesentlichen Solarzellenhersteller in Billiglohnländern fertigen auf Maschinen aus Hochlohnländern, insbesondere aus Deutschland und der Schweiz. Maschinenbauerhersteller liefern zunehmend „Turnkey-Solutions“, bei denen der Kunde nicht nur eine Produktionsanlage kauft, sondern auch gleich einen Prozess mitgeliefert bekommt.

Bereich	Datum	Quelle	Seite	Beobachtung
Marktübersicht D	2012-01	Photon D	26ff	Preisstürze, Gewinnwarnungen und Werksstillungen. Es gab sechs Insolvenzen in 2011: Solon im Dez. Wacker baut Silizium-Produktion weiter leicht aus. Conergy stellt Wafer und Zellfertigung ein, aber behält zunächst die Maschinen. Schott stellt Zellproduktion in Alzenau von Dez 2011 bis Feb 2012 ein. Es stehen dort 280 Arbeitsplätze zur Disposition. Q-Cells verlegt Teile der Produktion von Thalheim nach Malaysia. Das kostet ca. 500 Arbeitsplätze. Dünnschichtanbieter halten sich vergleichsweise gut. Solarworld war nur 50% ausgelastet. Auslastung sank von 80% in 2010 auf 66% in 2011. Die Firma Sunways lässt alle seine Module vom chinesischen Hersteller LDK herstellen.
Foxconn	2012-01	Photon D	40	Der chinesische Billighersteller Foxconn steigt in Solargeschäft ein.
CIGS	2012-01	Photon D	44	Avancis baut Dünnschichtproduktion aus und verdoppelt Mitarbeiterzahl auf 500.
Strategie	2012-01	Photon Int.	62	Title: „With CSP waning, PV could play a larger role in the Desertec project“
PPVX	2012-01	Photon Int.	99	PPVX 12/11 down -59.4% against 01/11 and -15.7% against 11/11
Solarthermie	2012-04	SWW	16	Laut BSW deutscher Solarthermiemarkt in 2011 um 11% gewachsen, gegenüber 2010. Aber Wachstum deutlich kleiner als 2009, 2008 und 2006
Roth & Rau	2012-04	SWW	23	Roth & Rau streicht 200 von 1350 Stellen. Vor allem Stammwerk in Hohenstein, Sachsen betroffen. Auftragseingang 2011 um mehr als 2/3 eingebrochen. Exportiert ca. 80% seiner Maschinen nach Asien
First Solar	2012-04	SWW	23	Kurzarbeit: Reduktion um 50% bei fast allen der 1.200 Mitarbeiter in Frankfurt/Oder. Produktion um

				50% drosseln.
Wechselrichter	2012-04	SWW	88	Wechselrichtermarkt wuchs 2011 weltweit gering bis moderat. Überproduktion für nächstes Jahr erwartet. SMA muss leichte Gewinnkorrektur 2011 vermelden. Die wichtigsten Wachstumsmärkte sind Japan und USA. Expansion und Verlagerung nach Indien und China.
Bosch	2012-04	SWW	126	Bau einer Silizium-Solarzellenproduktion mit 640 MW in Malaysia verschoben. Erhöhte Forschung bei CIGS. Sieht erhebliches Wachstumspotential in USA. Verstärkte Anstrengungen im Bereich Speicherung.
	08/12	Photon international	14	Saudi Arabia plans 41 GW PV by 2032
	09/12	Photon international	12	Countries of Africa and Middle East show upward trend concerning solar issues.
Schott	08/12	Photon – Das Solarstrom-Magazin	38	Schott Solar schließt kristallinen Photovoltaikproduktion, wegen des durch asiatische Wettbewerber getriebenen Preisverfalls und „instabile politische Rahmenbedingungen“ in Europa
Schüco	09/12	Photon international	62	Schüco closes its thin film module production, leaving 275 employees out in the cold.
	12/12	SWE	12	US manufacturers struggle with China and manufacturing oversupply in 2012. Demand global 30 GW, but capacity 70 GW.
	12/12	SWE	50	Stand alone Home Systems become Mini grid and become subsequently Micro grid.
	12/12	SWE	76	Collapsing PV market in Germany.
Q-Cells	13/12	SWW	18	Deutsche Q-Cells geht an koreanische Hanwha.
Bosch	13/12	SWW	24	Bosch Solar stellt Fertigung von Dünnschichtmodulen ein.
Schott Solar	02/13	SWW	12	Schott Solar steigt außer Produktion von Zellen und Modulen aus, lässt aber Patente durch Verkauf beim Fraunhofer ISE in Europa.
	02/13	SWW	16	Krise der deutschen PV Industrie ist nicht „nur“ Marktberreinigung sondern existenziell.
Bosch	04/13	SWW	14	Bosch steigt aus Fotovoltaik aus. Bosch sieht keine Chance auf Wettbewerbsfähigkeit. Bosch Solar wird sich von 3000 Mitarbeitern trennen.
	04/13	SWE	42	PV tracking systems do not face the consolidation phase. Especially in the US.
China	04/13	SWE	48	Larger Chinese companies are welcoming the consolidation phase. They are profiting from it.
Modules	05/13	SWE	62	Installer hopes that there are still European modules available in the future. The trend is towards only Chinese modules
	05/13	Photovoltaik	15	Zollamtliche Erfassung chinesischer Module, wegen Vermutung der Wettbewerbsverzerrung durch chinesische Dumpingpreise. Dumpingpreise drücken Absatz deutscher Hersteller.
Solarvalley	05/13	Photovoltaik	18	Tristesse im Solarvalley Mitteldeutschland. Früher Boom und Fachkräftemangel, heute Insolvenz. Grund: Prozess der 2009 mit Finanzkrise begann.
SolarWorld	06/13	SWW	25	SolarWorld in tiefroten Zahlen.
SolarWorld	06/13	SWE	8	Operating loss for german Solarworld in 2011 is 243 million Euro, in 2012 492 million Euro, in 2013 loss is expected.
SolarMax	7+8/13	SWE	6	Taiwanese Cell Producer on the up-coming. SolarMax is about to enter the US market.
China, Deutschland	08/13	SWW	70	China ist Weltmarktführer bei Solarmodulproduktion. 2008 waren Deutschland und Spanien 80 % des Marktes, heute sind es nur noch 20 %.

China	08/13	SWW	72	China vertieft Preisstrategie.
SolarWorld	09/13	SWW	19	SolarWorld wird von Qatar Solar aus Qatar mit 35 Millionen € Kredit unterstützt.
	9+10/13	SWE	68	PV industry in France is rapidly shrinking.
	9+10/13	SWE	91	PV market is risky and humbling, a good strategy is to diversify to more countries
Intersolar	09/13	Solarthemen	11	Intersolar weniger Aussteller als im Vorjahr. Intersolar wächst weltweit.
	10/13	Solarthemen	8	Heimatmärkte schrumpfen. Globaler Markt boomt. Größte Märkte sind USA, Australien, China, Japan.
Belelectric	10/13	SWW	18	Die deutsche Belelectric macht Joint Venture mit der amerikanischen First Solar, um Projekte Nordafrika zu realisieren.
Kawa, Conergy	10/13	SWW	21	US amerikanische Kawa kauft Teil des deutschen PV Konzerns Conergy.
	12/13	SWW	8	Hans Josef Fell: Regierung verlangsamt das Wachstum der deutschen Erneuerbaren Energien Branche statt sie in interübernationalen Wettbewerb zu stärken.
SolarWorld, Bosch	12/13	SWW	22	SolarWorld übernimmt Bosch. Die chinesische Yingli will dreimal so viele Module verkaufen, wie die deutsche SolarWorld herstellen kann.
MENA	01/14	SWE	6	The optimism among investors in Middle East and North Africa (MENA) is unbroken. Investment of US\$50 billion by 2020 in that region.
	02/14	SWW	12	Laut statistischem Bundesamt wurden 2013 bei heimischen Zell- und Modulherstellern ca. 3000 Arbeitsplätze gestrichen.
Deutschland, China	02/14	SWW	16	Deutsche Solarunternehmen leiden immer noch unter chinesischem Zangengriff und deutschem Schrumpfmärkte.
	02/14	SWW	56	Absatzzahlen deutscher Großhändler sinken von 2012 von 1101 MW auf 905 MW in 2013. Anteil chinesischer Module steigt leicht von 66,8 % auf 67,4 %. Für deutsche Großhändler ist europäische Marktentwicklung tendenziell negativ. Ausländische Märkte sind tendenziell positiv.
Saudi Arabia	08/12	Photon international	14	Saudi Arabia plans 41 GW PV by 2032
Africa, Middle East	09/12	Photon international	12	Countries of Africa and Middle East show upward trend concerning solar issues.
Schott Solar	08/12	Photon – Das Solarstrom-Magazin	38	Schott Solar schließt kristallinen Photovoltaikproduktion, wegen des durch asiatische Wettbewerber getriebenen Preisverfalls und „instabile politische Rahmenbedingungen“ in Europa
Schüco	09/12	Photon international	62	Schüco closes its thin film module production, leaving 275 employees out in the cold.
US, China	12/12	Sun & Wind Energy (SWE)	12	US manufacturers struggle with China and manufacturing oversupply in 2012. Demand global 30 GW, but capacity 70 GW.

**Tabelle 11: Analyse der Presseartikel über die Jahre 2012 bis 2014.**

#### 4.3.3 Marktausblick

Im letzten Quartal 2013 und Anfang 2014 wurde ein Wiederaufleben des weltweiten Photovoltaik-Marktes beobachtet. Die in den Vorjahren aufgebauten Überkapazitäten wurden durch den Markt eingeholt und Firmen beginnen wieder neu zu investieren. Auch deutsche Anlagenhersteller beginnen wieder stärkere Umsätze zu machen, weil weltweit neue Linien eingerichtet und Bestandslinien ausgebaut werden. Diese Erkenntnisse konnten durch Gespräche mit Ex-

perten aus Unternehmen im Rahmen der Europäischen Photovoltaik-Konferenz im September 2013 und durch das Expertennetzwerk des Studienangebots gewonnen werden. Eine systematische Analyse auf Basis von Veröffentlichungen ist für den Mai und Juni 2014 geplant, da dort erste verlässliche Zahlen für die Quartale 4-2013 und 1-2014 vorliegen sollten.

#### 4.4 Konkrete Erweiterungsszenarien und Handlungsempfehlungen

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Analyse des vorhandenen Angebots und der Marktbeobachtungen wurden verschiedene Erweiterungskonzepte erarbeitet und reflektiert. Grundsätzlich ist zur Erhöhung der nachhaltigen Finanzierung des Studienangebots in Anbetracht der Lage der Branche in Deutschland eine Verbreiterung der Zielgruppen unbedingt notwendig. Diese kann grundsätzlich in zwei Richtungen erfolgen, nämlich geografisch und inhaltlich.

##### 4.4.1 Erweiterung 1: Internationalisierung des Weiterbildungsangebots

Die Analyse der Inhalte des Studienangebots zeigt deutlich, dass der dominante Schwerpunkt (ca. 50%) des Inhalts sich mit der Solarzellenprozessierung befasst und dort wieder schwerpunktmäßig (> 50%) mit der Silizium-Solarzellenprozessierung. Die Analyse der weltweiten Marktsituation zeigt jedoch, dass gerade diese Wertschöpfungsbereiche von Deutschland weg in Niedriglohnländer, insbesondere nach Asien, abgewandert sind. Ohne eine inhaltliche Veränderung des Programms muss deshalb eine geografische Anpassung des geografischen Zielmarktes vorgenommen werden. Dazu wurde ein organisatorisches Konzept ausgearbeitet, das auch als Blaupause für andere Angebote dienen kann.

Alleine die Reisezeit spielt für internationale Studierende eine große Rolle. Die in ECTS umgerechnete Reisezeit für internationale Studierende über das gesamte Studium ist in Tabelle 12 dargestellt. Die Rechnung erfolgt mit 30 Stunden pro ECTS. Während der Reiseaufwand bei Studierenden aus Deutschland und Europa zwischen 2,5 und 4% liegt, beträgt der Reiseaufwand für den asiatischen Raum etwa 10% des gesamten Studienumfangs. Dabei sind Erholungszeiten für eine derart strapaziöse Reise und die Verarbeitung des Jetlags nicht mitgerechnet. Dafür können jeweils weitere 6 Stunden pro Strecke für den asiatischen Raum und die USA gerechnet werden. Damit erhöht sich der relative Reiseaufwand auf 12 bis 15% des gesamten Studienumfangs für den asiatischen Raum und 10 bis 12% für die USA. Die Auswertung zeigt jedoch auch, dass eine Internationalisierung für ein auf Europa eingeschränktes Angebot nicht notwendig ist. Die Verkehrswege sind so gut ausgebaut, dass eine Anreise aus der Umgebung von Hamburg nicht wesentlich kürzer dauert als eine Anreise aus den Umgebungen von Oslo, Warschau, Paris, London, Madrid oder Rom.

Land	Zeitverschiebung (h)	Reisezeit pro Strecke (h)	Stunden in drei Jahren	ECTS über drei Jahre	ECTS inkl. Erholung
Korea	+7-8	22	264	8,8	11,2
China	+6-7	25	300	10,0	12,4
Deutschland	0	6	72	2,4	-
Europa	0	8	96	3,2	-
USA Ostküste	-6	16	192	6,4	8,8
USA Westküste	-8	20	240	8,0	10,4

Tabelle 12: Reiseaufwand für internationale Studierende ohne Regenerationszeiten.

Weitere Schwierigkeiten sind die teilweise großen Zeitverschiebungen während der Präsenzphase und die schwierige Terminierung von Online-Meetings durch verschiedene Zeitzonen. Wie in Tabelle 12 dargestellt liegt die Zeitverschiebung zwischen Deutschland und den entferntesten Orten bei +/-8 Stunden. Das ist eine Gesamtzeitverschiebung von 16 Stunden, die bei der Planung von Online-Meetings berücksichtigt werden muss.

Zunächst gilt es zu erläutern, dass das Studienangebot in zeitlich umfangreiche „Online“-Blöcke eingeteilt ist, in denen die Studierenden Lehrmaterialien von Servern der Uni Freiburg beziehen und sich zu Online-Meetings in virtuellen Klassenzimmern der Uni Freiburg treffen. Zusätzlich gibt es jedes Semester kurze Präsenzphasen, in denen die Studierenden an einem Ort zusammenkommen. Dort werden Seminare mit Präsenzvorträgen und Laborpraktika durchgeführt und Klausuren abgehalten. Die Präsenzphase spielt auch eine ganz wichtige Rolle bei der Vernetzung der Studierenden. Derzeit wird die Präsenzphase nur in Freiburg angeboten, so dass die Studierenden aus aller Welt zwei Mal im Jahr nach Freiburg reisen müssen.

Für das Lehrangebot im Bereich Solar Energy Engineering wurden die folgenden internationalen Partner identifiziert und auf ihre Eignung untersucht. Bezüglich des erwarteten Absatzmarktes hat Asien die höchste Priorität, die USA zweite Priorität und dann folgen Partner in Afrika.

Name	Lage	Eignung	Bemerkung
Solar Energy Research Institute of Singapore	Singapore	A	Starke Kompetenzen im Bereich der Photovoltaik. Laborausstattung mit Fraunhofer ISE vergleichbar.
Konkuk University	Seoul, Korea	C	Mittelmäßige Reputation in Korea. Laborausstattung zwar aus Kooperationsprojekt mit Fhg ISE vorhanden, aber kein geeignetes Personal und keine eigene Motivation.
University of Berkeley	Berkeley, CA, USA	C	Die Uni Berkeley bietet (zumindest im Engineering) keine Masterprogramme an, sondern nur Bachelor und PhD. Einen Master von Berkeley bekommt nur ein PhD-Abbrecher. Berkeley hat kein Interesse.
Penn State University	State College, PA, USA	A	Partneruniversität der Uni Freiburg. Bietet einen Online Master in Windenergie an und hat Erfahrung. Baut gerade einen neuen Campus in Philadelphia für Energie, direkt am Flughafen. Hochmotiviert.
Fraunhofer Center for Sustainable Energy	Boston, MA, USA	B	Keine geeigneten Labors. Thematisch nur mittelmäßig geeignetes Institut. Anbindung an die Universität Freiburg schwach.

**Tabelle 13: Engere Auswahl der untersuchten internationalen Kooperationspartner.**

#### 4.4.2 Erweiterung 2: Inhaltliche Erweiterung im Rahmen der zweiten Förderphase

Eine Internationalisierungsstrategie ist zwar sinnvoll für die nachhaltige Auslastung von Angeboten, ist aber alleine nicht die richtige Reaktion auf die geografische Verschiebung von Wertschöpfungsketten. Auch inhaltlich muss ein marktorientiertes Bildungsangebot an den nationalen oder regionalen Markt der Bildungseinrichtungen angepasst werden. Dies kann im Falle des Angebots SEE durch eine Verbreiterung in zwei Richtungen geschehen:

1. Beim Verbleib in der Marktnische der Photovoltaik braucht eine Stärkung des Bildungsangebotes im Bereich des Maschinenbaus, da der Sondermaschinenbau für die Photovoltaik der mittelfristig einzige in Deutschland verbleibende Teil der Wertschöpfung bleiben wird. Nachteil dieser Erweiterung ist, dass die Universität wenig ausgewiesene Kompetenzen in den klassischen Maschinenbaudisziplinen (z.B. Automatisierungstechnik) hat. Diese Erweiterung scheint daher nicht sehr praktikabel.
2. Eine Erweiterung über die Photovoltaik hinaus bietet verschiedenste Möglichkeiten der Einbindung weiterer Kompetenzen der Universität und der lokal ansässigen Forschungsinstitute. Durch Spezialisierungszweige kann so bei breiterem Zielmarkt doch auch eine tiefgehende Spezialisierung der Studierenden für Untermärkte vorgenommen werden. So könnte man sich vorstellen, ein breites Studienangebot „Renewable Energy Engineering“ anzubieten, in dem Photovoltaik eine Spezialisierungsrichtung ist.

In einer Analyse von Fachmeinungen aus den Medien, wesentlicher Zukunftspapiere relevanter Akteure (Tabelle 14) und aus Experteninterviews konnten aus dieser allgemeinen Entwicklung konkrete Felder und berufsrelevante Qualifizierungen für künftige Absolventen des Studienangebots Solar Energy Engineering abgeleitet werden.

Medium	Wann	Inhalt
<b>Sonne Wind und Wärme</b>	03/14	Rekommunalisierung der Stromnetze, S.32ff
<b>Bundesnetzagentur</b>	12/11	Entstehungsabhängiger Verbrauch ist Ziel für die Zukunft.
<b>Studie Ernst&amp;Young</b>	07/13	Umfangreiche Studie zu Kosten und Nutzen von Smart Metering. Bei größeren Anlagen (>6000kWh/a) bringt zeitnaher Umbau Kostenvorteile. Für Ziele (Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Kosteneffizienz) ist eine zeitnahe Durchdringung des Stromnetzes mit Smarten Komponenten notwendig.
<b>Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)</b>	07/13	Markt für Energiedienstleistungen hat gute Zukunftsperspektiven
<b>Deutsche Energie Agentur (dena)</b>	04/13	Dena sieht in EU-Studie Deutschland führend bei Investitionen in Smart Grids
<b>BMWi</b>	03/13	BMWi hat schon früh die Bedeutung intelligenter Energiesysteme für die Energieversorgung der Zukunft unterstrichen im Programm „E-Energy - Smart Grids made in Germany“.
<b>VDE</b>	03/10	Deutsche Normungsroadmap E-Energy / Smart Grid
<b>Fraunhofer ISE</b>	11/13	Energiesystem Deutschland 2050
<b>Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)</b>	02/13	Roadmap - Realistische Schritte zur Umsetzung von Smart Grids in Deutschland. Aufbau- und Pionierphase (2012 bis 2014), die Etablierungs- und Ausgestaltungsphase (2014 bis 2018) sowie die Realisierungs- und Marktphase (2018 bis 2022).
<b>BDI Initiative</b>	12/08	IKT für Energiemärkte der Zukunft
<b>BDI Initiative</b>	06/09	Thesen für Wirtschaft, Politik. Roadmap. Die größte Herausforderung besteht indes darin, eine Integrationsebene zwischen betriebswirtschaftlichen Anwendungen und dem physikalischen Netz zu schaffen, welche eine Kommunikation komplexer, über heterogene Netze und Firmengrenzen hinweg verteilter IT-Komponenten ermöglicht.
<b>BDEW</b>	03/11	Eine Auseinandersetzung mit den von Smart Grids aufgeworfenen Fragen ist dringlich geworden. Energiekonzept und EU-Energieinfrastrukturpaket haben Erwartungen geweckt.
<b>Spiegel Online</b>	05/13	VW will Elektroautos zu Riesenspeicher vernetzen. Intelligente Netze schaffen neue Geschäftsmodelle und neue,



		riesige, technologische Branchen.
<b>European Commission</b>	03/06	European Technology Platform Smart Grids. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future.

**Tabelle 14: Zukunftspapiere relevanter Akteure und journalistische Berichte.**

Auf Messen wurden proaktiv Gespräche mit Besuchern und Firmenvertretern geführt. Wesentliche Aussagen zu Zukunftsperspektiven der Technologie waren:

- Um in der großen Dynamik des PV-Marktes bestehen zu können, müssen sich Firmen mit Kerngeschäft Photovoltaik zukünftig deutlich breiter aufstellen. Eine Erweiterung der zurzeit bedienten Solarzellen-Thematik um nachgelagerte Themen wie Systemtechnik und Energiespeicher ist naheliegend und sinnvoll.
- In Zukunft werden Firmen weniger Komponenten- und mehr Systemlösungen anbieten, z.B. als Inselnetz, Micro Grid im einzelnen Haus oder im Stadtteil.
- Dezentrale Generatoren werden künftig vermehrt Netzregeldienstleistungen anbieten müssen. Die Elektronik wird Smart und kommuniziert nach außen. Smart Market und Smart Grid entstehen dadurch, werden mit großer Sicherheit kommen. Der Energiemarkt ist sehr groß und der Transformationsprozess scheint herausfordernd. Daher bietet die Entwicklung hin zum Smart Grid für weitsichtige Firmen die Möglichkeit für nachhaltiges Wachstum.

Meinungen zu einem Weiterbildungsangebot in diesem Bereich sind:

- Es steigen immer mehr Firmen in diesen neuen Bereich ein. Für viele Firmen ist es technologisches, ökonomisches und politisches Neuland. Weiterbildungsbedarf besteht.
- Firmen sind oft klein und haben oft keine etablierte Forschung und Entwicklung in diesem Bereich. Innovation entsteht oft durch einzelne Mitarbeiter, die sowohl Markt als auch Technologie kennen. Firmen schöpfen daher Marktpotentiale, wenn ihre Entscheider ökonomisch und technologisch gebildet sind. Ein Studienangebot sollte daher beide Aspekte vermitteln.
- Personen mit großer Fachkenntnis in der Photovoltaik fragten proaktiv nach unsere Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich Intelligente Netze.

Gespräche mit Fachexperten von Fraunhofer ISE und Uni Freiburg ergaben bislang:

- „Smart Grid“ beschreibt die technologischen Aspekte, insbesondere das Verteilnetz. „Smart Market“ ist unerlässlicher Teil der Infrastruktur und beschreibt Marktaspekte. Hierzu gehören neben Handelsplattformen auch Teilnahmeregelungen, die Möglichkeit für Aggregationsdienstleistungen und der Umgang mit Kundendaten. Smart Market sollte auch in einem Studienangebot für Ingenieure und Naturwissenschaftler nicht fehlen.
- Am ISE ist Smart Market/Smart Grids ein wachsendes Geschäftsfeld. Hierin kann eine Zukunftsfähigkeit auch für ein Studienangebot abgeleitet werden.
- Die Erzeugung von elektrischem Strom aus erneuerbaren Energiequellen fluktuiert stark. Ein Energieverteilnetz der Zukunft wird daher große Speicherkapazitäten besitzen. Die schon heute erkennbaren Speichertechnologien nutzen sehr unterschiedliche Prinzipien, mit jeweils ganz eigenen Vorteilen. Technologien sind beispielsweise Pumpspeicherwerke, Power-to-gas in Gas, Wärmepumpe in Wärme, mobile Batterien, stationäre Batterien. Ein Studienangebot sollte auch über Energiespeicher lehren. Je nach zur Verfügung stehendem Umfang des Moduls, muss man sich möglicherweise auf ein Thema, z.B. Batterien vorerst beschränken.
- Ein intelligentes Energieverteilnetz wird in Zukunft von praktisch jedem genutzt werden. Es dringt tief in die Gesellschaft ein. Rahmenbedingungen wie Akzeptanz, Gerechtig-

keit, Versorgungssicherheit und Datenschutz müssen von Beginn an berücksichtigt werden. Weltweit gibt es noch kein Vorbild für eine Energiewende dieser Größe. Um keine Lösungspotential vorzeitig zu unterbinden, nutzt die Politik die Lernerfahrung der Wirtschaft und wartet mit Regularien ab. Ein Entwickler von Technologie im Bereich Smart Market/Smart Grid sollte daher von Anfang an, die gesellschaftliche Dimension seiner Technologien berücksichtigen, um kostspielige Alleinentwicklungen zu vermeiden.

- Die Uni Freiburg besitzt neben der breiten interdisziplinären Kompetenz einer Volluniversität, ingenieurwissenschaftlich verwandte Themen beispielsweise in Mikrosystemtechnik, Informatik, Intelligente Eingebettete Mikrosysteme oder Messtechnik. Dies kann als solides Fundament für die elektrotechnischen und prozesstechnischen Aspekte des Studienangebots genutzt werden.

Die beschriebenen Vorarbeiten verdeutlichen die Interdisziplinarität künftig benötigter Themen im Studienangebot Solar Energy Engineering. Hier erweist sich die Ausrichtung der Uni Freiburg als Volluniversität als Vorteil. Dieser ganzheitliche Ansatz auf universitärem Niveau kann als Alleinstellungsmerkmal genutzt werden.

Für technisch-naturwissenschaftliche Inhalte erweist sich die traditionell enge Kooperation der Uni Freiburg mit den Freiburger Fraunhofer-Instituten von Vorteil. Sowohl am Fraunhofer ISE als auch an der Uni Freiburg signalisieren Dozenten ihr Interesse an der Erarbeitung der technisch-naturwissenschaftlichen Kurse aktiv mitzuwirken. Eine Synergie zwischen den Teilprojekten von Universität und Fraunhofer ISE kann genutzt werden und wird derzeit evaluiert. Auch mit Dozenten aus interdisziplinären und nicht-technischen Fächern wurden bereits Gespräche geführt. Die Resonanz ist durchweg positiv.

Für das Studienangebot SEE wird deshalb eine Erweiterung in Richtung Intelligente Netze angestrebt. Das bisherige Programm beinhaltet bereits Module zur Netzeinbindung von Photovoltaik und zum Smart Grid. Diese Module können die Grundlage bilden für ein Einzelmodul im Bereich der Stromnetze. Das in Abbildung 2 bereits dargestellte DAS-Modul Nr. 4 ist bereits ein solches Beispiel. Der bisherige Umfang der Vorlesungen aus dem Bereich SEE liefert bereits Material im Umfang von 20 ECTS. Durch Erweiterung mit einem passenden CAS-Modul im Umfang von 10 ECTS kann somit ein neues DAS-Modul geschaffen werden, das einen neuen Zielmarkt, nämlich den der intelligenten Stromnetze, adressiert. Die Umsetzung dieser Erweiterungsstrategie war im Projektplan nicht vorgesehen. Sie kann in der zweiten Förderphase erfolgen.

#### **4.4.3 Langfristige Entwicklungsstrategie**

Als langfristige Strategie ist die synergetische Zusammenlegung der Programme im Bereich des SEE mit dem bisher in Präsenz abgehaltenen Master-Studiengang Renewable Energy Engineering and Management möglich. Letzteres Programm erfreut sich bereits jetzt bester Nachfrage und eignet sich hervorragend zur Umsetzung in einem Online-Studiengang. Das bisherige Angebot im Bereich des Solar Energy Engineering würde damit als Modul und als Schwerpunkt-Zweig des Master-Programms Renewable Energy Engineering Online nachhaltig mit einer großen Zielgruppe versorgt und bleibt gleichzeitig als Modulstudium erhalten.

# 5 Anhang

## 5.1 Beschreibung der CAS-Module und Zertifikatskurse

<b>Course</b>
Fundamentals of Solar Cells

<b>Coordinator</b>	Dr. Uli Würfel	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures	<b>Semester</b>	Winter semester
<b>Workload</b>	125 h (5 ECTS)		
<b>Courses</b>			
Course	No. 1.1	Fundamentals of Solar Cells	

<b>Admission requirement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>
<b>Crediting to other CAS-Modules</b>
The sufficient participation at this course could be certified with a statement of attendance. If the student has passed the course "Fundamentals of Photovoltaics Systems" as well, it is possible to get these certified as CAS-Module 1.

<b>Module content and description</b>
<b>Fundamentals of Solar Cells:</b> This course builds the base for all solar cell related modules in the following studies. Understanding the basics the fundamentals of solar cells is an essential prerequisite for all scientific and technological activities in photovoltaics.
<b>Learning outcomes</b>
<b>After successful completion of this module the students should be able to:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamental physical processes of photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe the fundamental operating principles of photovoltaic devices.</li> <li>• design and optimize photovoltaic systems based on their understanding of the environment and its influence on photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe and design photovoltaic systems for optimized energy production, transport and storage.</li> </ul>
<b>Forms of learning and teaching materials:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
<b>Requirements for the awarding of credit points:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the Campus Phase.</li> </ul>

Course
Fundamentals of Photovoltaic Systems

<b>Coordinator</b>	Dr. Olivier Stalter	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures	<b>Semester</b>	Winter semester
<b>Workload</b>	125 h (5 ECTS)		
<b>Courses</b>			
Course	No. 1.1	Fundamentals of Photovoltaic Systems	

<b>Admission requirement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>
<b>Crediting to other CAS-Modules</b>
The sufficient participation at this course could be certified with a statement of attendance. If the student has passed the course “Fundamentals of Solar Cells” as well, it is possible to get these certified as CAS-Module 1.

<b>Module content and description</b>
<p>This module provides comprehensive fundamental knowledge regarding the fundamental physical processes of photovoltaic systems.</p> <p><b>Fundamentals of Photovoltaic Systems:</b> This course gives a wide overview on multiple considerations related to the design, installation and optimization of photovoltaic (PV) systems on the field. The knowledge provided in this lecture will be a valuable assistance to the students in order to understand the interaction of several system components as well as their influence on PV energy production.</p>
<b>Learning outcomes</b>
<p><b>After successful completion of this module the students should be able to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamental physical processes of photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe the fundamental operating principles of photovoltaic devices.</li> <li>• design and optimize photovoltaic systems based on their understanding of the environment and its influence on photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe and design photovoltaic systems for optimized energy production, transport and storage.</li> </ul>
<b>Forms of learning and teaching materials:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
<b>Requirements for the awarding of credit points:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the Campus Phase.</li> </ul>

CAS-Module 1
Fundamentals of Photovoltaics

<b>Coordinator</b>	Dr. Uli Würfel	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures	<b>Semester</b>	Winter semester
<b>Workload</b>	250 h (10 ECTS)		
<b>Courses of CAS-Module 2</b>			
Course	No. 1.1	Fundamentals of Solar Cells	
Course	No. 1.2	Fundamentals of Photovoltaic Systems	

<b>Admission requirement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>

<b>Module content and description</b>
<p>This module provides comprehensive fundamental knowledge regarding the fundamental physical processes of solar cells and photovoltaic systems.</p> <p><b>Fundamentals of Solar Cells:</b> This course builds the base for all solar cell related modules in the following studies. Understanding the basics the fundamentals of solar cells is an essential prerequisite for all scientific and technological activities in photovoltaics.</p> <p><b>Fundamentals of Photovoltaic Systems:</b> This course gives a wide overview on multiple considerations related to the design, installation and optimization of photovoltaic (PV) systems on the field. The knowledge provided in this lecture will be a valuable assistance to the students in order to understand the interaction of several system components as well as their influence on PV energy production.</p>
<b>Learning outcomes</b>
<p><b>After successful completion of this module the students should be able to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamental physical processes of photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe the fundamental operating principles of photovoltaic devices.</li> <li>• design and optimize photovoltaic systems based on their understanding of the environment and its influence on photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe and design photovoltaic systems for optimized energy production, transport and storage.</li> </ul>
<b>Forms of learning and teaching materials:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
<b>Requirements for the awarding of credit points:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the Campus Phase.</li> </ul>

CAS-Module 2
Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid

<b>Coordinator</b>	Dr. Stefan Reichert	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures, Seminars	<b>Semester</b>	Winter + Summer semester
<b>Workload</b>	250 h (10 ECTS)		
<b>Courses of CAS-Module 2</b>			
Course	No. 2.1	Technologies for Renewable Energy Conversion	
Course	No. 2.2	Grid Integration and control of PV Systems	
Course	No. 2.3	Selected Semiconductor Devices	
Course	No. 2.4	Smart Grids and Energy Autonomous Communities	

<b>Admission requirement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master degree in Electrical Engineering plus the course Fundamentals of Photovoltaics Systems</li> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field plus the course Fundamentals of Photovoltaics Systems</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>

<b>Module content and description</b>
<p>This module gives a wide overview on smart grid and renewable energy systems. Starting with basic issues of energy and efficiency, grid technology will be discussed to balance complex systems with available storage components. In the seminar the students will discuss the advantages and disadvantages of different energy sources.</p> <p><b>Technologies for Renewable Energy Conversion:</b> This seminar provides an extensive overview on the intergradations of different renewable energy systems into the electricity grid and the optimization of the combination of different renewable energy conversion techniques with respect to power demand satisfaction, operating security and safety and economic issues.</p> <p><b>Selected Semiconductor Devices:</b> The devices introduced in this seminar are not only used in photovoltaics but usually have applications in nearly all fields of electronics. Additionally, devices complementary to solar cells, such as light emitting diodes are covered.</p> <p><b>Grid Integration and control of PV Systems:</b> This course gives an overview on interactions between PV systems and the power grid. The high share of renewable energies and the decentralized generation and consumption of electricity requires new control strategies. This lecture will give a review on electrical power generation and will help to understand the challenges for distributed energy systems feeding and supporting the power grid</p> <p><b>Smart Grids and Energy Autonomous Communities:</b> The knowledge provided in this course will be a valuable assistance to the students in order to understand the interaction of several system components as well as their dynamic system behaviour.</p>
<b>Learning outcomes</b>
<p><b>After successful completion of this module the students should be able to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe existing semiconductor devices that are used in the context of PV energy conversion.</li> <li>• explain the physical working principles of the semiconductor devices.</li> <li>• understand the control strategies and concepts starting from Power Electronics level up to PV Systems.</li> <li>• describe grid control requirements for generators, consumer and storage facilities in a power grid with</li> </ul>

<p>a high share of renewable energies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe the different technologies for the use of the various renewable energy sources with their peculiarities, advantages and disadvantages.</li> <li>• understand and optimize grid connected energy systems.</li> <li>• understand energy flow in distribution grids with decentralized generation.</li> <li>• describe and design energy management systems for optimized energy production and storage</li> </ul>
Forms of learning and teaching materials:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
Requirements for the awarding of credit points:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the Campus Phase.</li> </ul>

<b>CAS-Module 3</b>
Crystalline Silicon Photovoltaics

<b>Coordinator</b>	Dr. Stefan Glunz	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures Hands-on	<b>Semester</b>	Summer semester
<b>Workload</b>	250 h (10 ECTS)		
<b>Courses of CAS-Module 3</b>			
Course	No. 3.1	Feedstock and Crystallization	
Course	No. 3.2	Silicon Solar Cells – Structure and Analysis	
Course	No. 3.3	Solar Cell Production Technology	
Course	No. 3.4	Hand on solar Cell Processing	
Course	No. 3.5	Silicon Module Technology and Reliability	

<b>Admission requirement</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field plus the course Fundamentals of Solar Cells</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>

<b>Module content and description</b>
<p>This module provides comprehensive fundamental knowledge regarding physical processes of photovoltaic systems and also the students will get an overview about the value chain starting from quartz up to the finished module. Students will learn how silicon is produced from quartz and how this silicon is purified, crystallized and cut into wafers. Based on this knowledge, students should be able to develop new and optimized processing sequences and design concepts for silicon solar cells. Finally, students will learn how modules are produced from silicon solar cells and which aspects are particularly important to ensure a long module lifetime. For a detailed overview please look up the syllabus in the course description.</p> <p><b>Feedstock and Crystallization:</b> This course gives an overview of the most relevant production techniques of crystalline silicon wafers for solar cells. Starting from quartz, purification strategies, crystallization and wafering techniques are presented and discussed.</p> <p><b>Silicon Solar Cells – Structure and Analysis:</b> This course focuses on the fabrication and analysis of crystalline silicon solar cells. The structure of standard industrial silicon solar cells and a rough overview of the production sequence will be discussed. In order to improve the cell performance and thus to reduce the costs of PV electricity, cell characterization and simulation are essential. Based on the achieved understanding of the main power loss mechanisms, we are able to develop new and optimized processing sequences and design concepts for silicon solar cells.</p> <p><b>Solar Cell Production Technology:</b> This course will focus on the fabrication of solar cells from silicon wafers. Students will learn how standard industrial cells are produced and what the main loss mechanisms of such cells are.</p> <p><b>Hands-on solar Cell Processing:</b> In this practical training students will work with state of the art inline or batch production tools for the fabrication of crystalline silicon solar cells. Students will learn about specific requirements of each production step. Through processed solar cells students will learn the different impact of each production step on final cell performance.</p> <p><b>Silicon Module and Technology:</b> This course will focus on interconnection and safe packaging of solar cells into modules to reliably generate electric energy, where the associated module technology has to provide a product capable of operating 20-25 years in the field.</p>



<b>Learning outcomes</b>
<p><b>After successful completion of this module the students should be able to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the structure of standard industrial silicon solar cells.</li> <li>• develop an in-depth understanding of all processes within standard silicon solar cell processing.</li> <li>• understand the interaction and technical/economical implications and expected future developments.</li> <li>• optimize solar cell processes and develop new process steps based on a thorough understanding of process steps and their interactions.</li> <li>• to conduct and protocol process optimization steps in a production environment.</li> <li>• understand the underlying principles of the most relevant production techniques for solar cell fabrication.</li> <li>• develop and execute complex experimental designs, interpret and present the results</li> <li>• understand the basic processes of module production with a focus on cell interconnection and encapsulation.</li> </ul>
<b>Forms of learning and teaching materials:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
<b>Requirements for the awarding of credit points:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the campus phase.</li> <li>• Completing all experiments during the campus phase.</li> <li>• Submission of experiment protocol (theoretical and practical part)</li> <li>• Presenting the results based on a first evaluation at the end of the campus phase</li> </ul>

## CAS-Module 4

### Material- and Solar Cell Characterization and Modelling

<b>Coordinator</b>	Dr. Martin Kasemann		<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures, Hands-on		<b>Semester</b>	Winter +summer semester
<b>Workload</b>	250 h (10 ECTS)			
<b>Courses of CAS-Module 4</b>				
Course	No. 4.1	Material- and Solar Cell Characterization		
Course	No. 4.2	Hands on Measurement Instrumentation		
Course	No. 4.3	Numerical Simulation of Solar Cells		
Course	No. 4.4	Advanced Material- and Solar Cell Characterization		

#### Admission requirement

- Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field plus the course Fundamentals of Solar Cells
- comparable certificate

#### Module content and description

This module provides comprehensive fundamental knowledge regarding the fundamental physical processes of solar cells and a theoretical as well as a practical insight into the characterization techniques used for solar cell characterization. It also provides an advanced understanding of multi-dimensional effects in solar cell and material characterization. Student will also learn how a simulation package for solar cell simulation works, by providing an insight into the numerical techniques to discretize the governing equations to describe solar cells.

**Material- and Solar Cell Characterization:** This course provides an overview over the most important characterization tools used in material and solar cell characterization. Students gain the knowledge required for correct selection and use of the methods and get an understanding of the limits of different methods.

**Hands-on Measurement Instrumentation:** In this practical training course students will work with state of the art characterization tools for inline- and lab inspection. Students will learn about their specific pros and cons and will learn to combine their results to identify common defects.

**Numerical Simulation of Solar Cells:** This course provides an insight into the numerical techniques to discretize the governing equations to describe solar cells. Different simulation approaches that are frequently applied in practice (locally distributed models, time-dependent solution) are explained.

**Advanced Material and Solar Cell Characterization:** This course provides an advanced understanding of multi-dimensional effects in solar cell and material characterization. The students are introduced to advanced characterization tools for spatially resolved solar cell characterization and the related physical models for measurement interpretation

#### Learning outcomes

**After successful completion of this module the students should be able to:**

- understand the structure of standard industrial silicon solar cells.
- understand the different material- and devices analysis techniques used in solar cell characterization.
- select appropriate measurement techniques methods for the investigation of certain properties and problems of devices.
- use the most fundamental measurement techniques for solar cell characterization.
- explain measurement results with respect to the underlying processes and properties of solar cells and

<p>materials.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpret, evaluate and present measurement data with different widely used software tools.</li> <li>• understand how a simulation package for solar cell simulation works.</li> <li>• explain the work flow to analyse and predict the performance of different types of solar cells.</li> <li>• understand the Finite Element Method - this discretization method is frequently used to solve balance equations in practical applications.</li> <li>• transfer the modelling principle (macro homogeneous transport equations) to different types of solar cells.</li> <li>• understand the difference between locally distributed models and time- dependent models; learn application examples for solar cell design and analysis, and PV system simulation.</li> <li>• understand the multi-dimensional effects in solar cell and material characterization.</li> </ul>
<p>Forms of learning and teaching materials:</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Abstract for each experiment, describing the tool and its application for quality control.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
<p>Requirements for the awarding of credit points:</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the campus phase.</li> <li>• Completing all experiments during the campus phase.</li> <li>• Submission of experiment protocol (theoretical and practical part)</li> <li>• Presenting the results based on a first evaluation at the end of the campus phase</li> </ul>

CAS-Module 5
Photovoltaics Beyond Silicon

<b>Coordinator</b>	Prof. Dr. Michael Powalla	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures	<b>Semester</b>	Winter + summer semester
<b>Workload</b>	275 h (11 ECTS)		

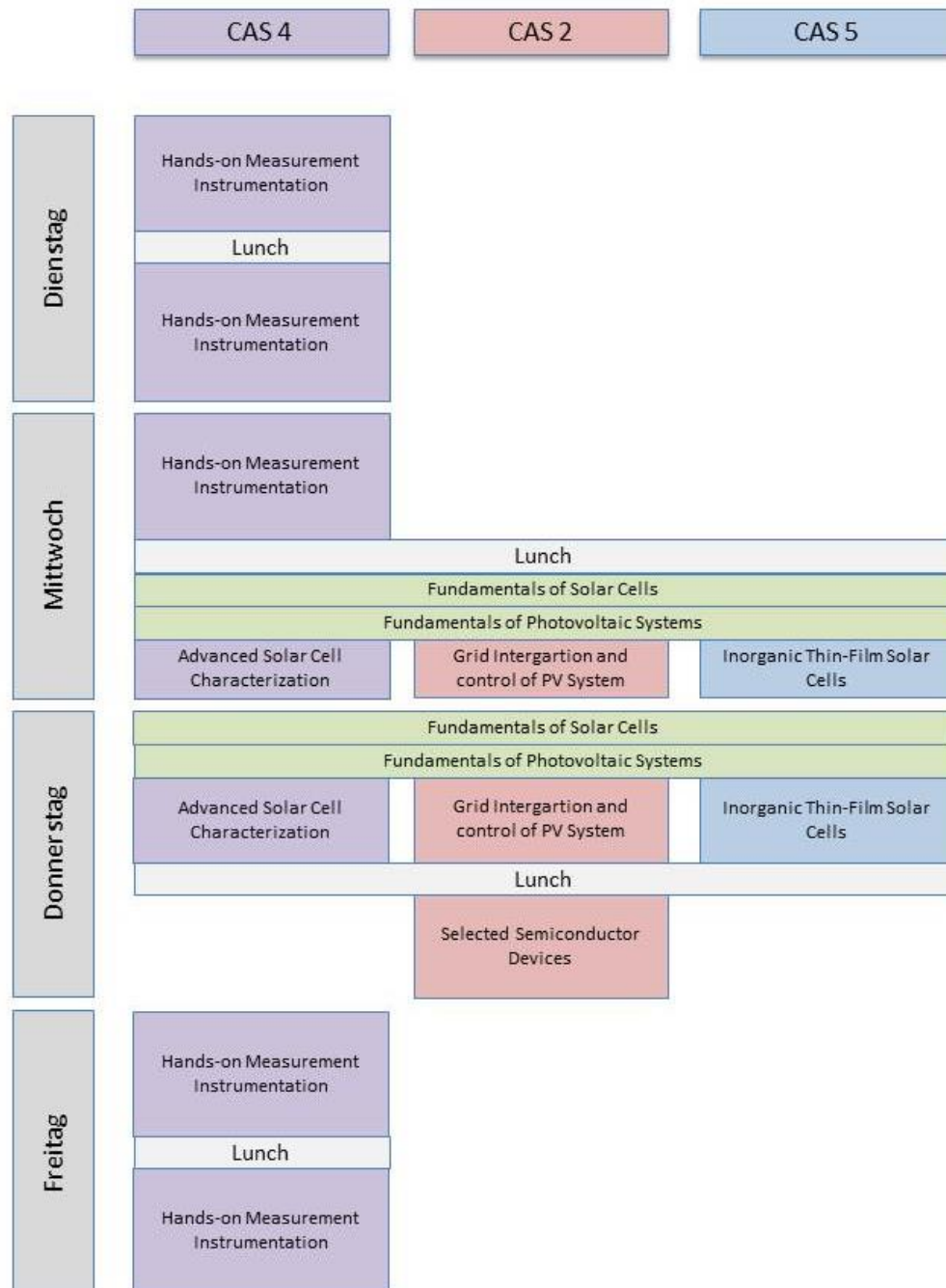
Courses of CAS-Module 4		
Course	No. 5.1	Inorganic Thin-Film Solar Cells
Course	No. 5.2	III-V Solar Cells and Concentrator Systems
Course	No. 5.3	New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion
Course	No. 5.4	Advanced Solar Cell Processing

Admission requirement
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master Degree in Microsystems Engineering, Physics or equivalent field plus the course Fundamentals of Solar Cells</li> <li>• comparable certificate</li> </ul>

Module content and description
<p>This module provides comprehensive fundamental understanding of the basics for Si-based (crystalline, a-Si, a/<math>\mu</math>c-Si), CIGS, and CdTe thin-film solar cells, modules, and module production. It gives a wide overview about existing concepts to overcome the thermo dynamical limit for single junction solar cells, the so-called third generation photovoltaics. Different strategies to push efficiency further up will be discussed and it will be shown how they all try to realize one thing: to absorb more photons and/or to convert a higher fraction of the photon energy to electrical energy.</p> <p><b>Inorganic Thin-Film Solar Cells:</b> This course provides an extensive overview on inorganic thin-film solar cells: physics, materials, growth, production, and characterization. With this information the students will be able to understand the different types of thin-film solar cells, their role in the PV market and the specific applications where thin-film solar cells excel.</p> <p><b>III-V Solar Cells and Concentrator Systems:</b> This course gives a overview on the field of high concentration photovoltaics. This involves the approach of multi-junction solar cells and issues related to the operation of solar cells under concentrated light. The knowledge gained in this lecture will enable the students to assess present and future novel photovoltaic concepts.</p> <p><b>New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion:</b> In this course the students will get a recapitulation of the fundamental processes in the photovoltaic energy conversion. We will then have a close look on different kind of new types of solar cells and see in how far they differ from conventional solar cells made from inorganic semiconductors. The advantages and the weak points in these emerging technologies will be analyzed</p> <p><b>Advanced Solar Cell Processing:</b> In this seminar new techniques in solar cell production which originate from the related fields of microsystems engineering and the nanosciences will be introduced. The processes introduced in this course are likely to concern the PV engineer in an upcoming 10 year period.</p>
Learning outcomes
<p><b>After successful completion of this module the students should be able to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamental physical processes of photovoltaic energy conversion.</li> <li>• describe the fundamental operating principles of photovoltaic devices.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• comprehend photovoltaic approaches apart the standard Silicon PV</li> <li>• evaluate the potentials and challenges for thin-film PV on the global market</li> <li>• understand the fundamental physical operation principles of multi-junction solar cells and concentrator systems.</li> <li>• understand advanced characterization techniques required by III-V multi-junction cells and concentrator modules.</li> <li>• understand how far the different kind of new types of solar cells differ from conventional solar cells made from inorganic semiconductors.</li> <li>• understand the advantages and the weak points in these emerging technologies.</li> <li>• describe the processes which come mainly from the fields of microsystems engineering and Nano sciences.</li> </ul>
Forms of learning and teaching materials:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.</li> <li>• Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.</li> <li>• Exercise sheets associated to each lecture block.</li> <li>• Online-Self-Assessment Tests (OSA)</li> <li>• Wiki Group-Projects</li> </ul>
Requirements for the awarding of credit points:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passing the written exams in the campus phase.</li> <li>• Presentation (20 min) and paper (4-5 p.) about the topic assigned to you at the beginning of the semester.</li> </ul>

## 5.2 Zeitlicher Ablauf der Campus Phase



	CAS 3	CAS 2	CAS 4	CAS 5
Montag	Hands-on Solar Cell Processing			
	Lunch			
	Hands-on Solar Cell Processing			
Dienstag	Hands-on Solar Cell Processing			
	Lunch			
	Hands-on Solar Cell Processing			
Mittwoch	Hands-on Solar Cell Processing			New Concepts for Photovoltaic Energy Conversion
	Lunch			
	Feedstock a. Crystallization	Smart Grids.	Numerical Simulation of Solar Cells	III-V Solar Cells and Concentrator Systems
	Silicon Solar Cells			
	Solar Cell Production Techn.			
Silicon Module Techn.				
Donnerstag	Feedstock and Crystallization	Smart Grids.	Numerical Simulation of Solar Cells	III-V Solar Cells and Concentrator Systems
	Silicon Solar Cells			
	Lunch			
	Solar Cell Production Techn.	Technologies for Renewable Energy Conversion	Advanced Material and Solar Cell Characterization	Advanced Solar Cell Processing
	Silicon Module Techn.			
Freitag	Hands-on Solar Cell Processing			
	Lunch			
	Hands-on Solar Cell Processing			

### 5.3 Anmeldeformular



## Application for Admission

### Application and enrollment procedure

- 1) Send the complete application documents as scanned PDF files to:  
solar-energy-engineering@pv-academy.org  
Certificates and transcripts in languages other than English or German must be accompanied by an official English or German translation. Further documents might be requested in the course of the admission procedure.
  - a. Filled-in application form
  - b. CV in English
  - c. Diplomas and degrees
  - d. Transcript of courses with grades
  - e. Certificates of professional experience
  - f. Signed 1-2 page motivation letter in English, which should contain information on why you intend to study, how these studies add to your existing knowledge and which benefits you expect for your career.
- 2) The admission committee will decide about your admission
- 3) In case of admission you will receive the enrollment documents with further instructions. Be prepared to send in notarized copies of your documents if requested. Applicants from China, Vietnam and Mongolia must be prepared to hand in an APS (“Akademische Prüfstelle”) certificate from the German Embassies in Beijing, Hanoi and Ulan-Bator, respectively.



To apply for one or more CAS-Modules please use the following list. Optionally you have to proof, that you had fulfilled the necessary requirements already.

**I hereby apply for the following CAS-Module(s):**

Fundamentals of Photovoltaics

Photovoltaics and the Renewable Electricity Grid

I will attend in the Pre-course: Fundamentals of Photovoltaic Systems.

I attest, that I have acquired all contents already

Crystalline Silicon Photovoltaics

I will attend in the Pre-course: Fundamentals of Solar Cells.

I attest, that I have acquired all contents already

Material- and Solar Cell Characterization and Modelling

I will attend in the Pre-course: Fundamentals of Solar Cells.

I attest, that I have acquired all contents already

Photovoltaics Beyond Silicon

I will attend in the Pre-course: Fundamentals of Solar Cells.

I attest, that I have acquired all contents already

**I hereby apply for the following certificate course(s):**

Fundamentals of Photovoltaic Systems.

Fundamentals of Solar Cells.

**I want to start in the year 20\_\_\_\_\_**

Start: October

**Personal information**

title	first name	surname

date of birth birth	place of birth	nationality	sex: <input type="checkbox"/> male <input type="checkbox"/> female

**Private address**

street

zip code	town	country

e-mail

phone	mobile	fax

**Business address**

company

position	employed since

zip code	town	country

e-mail

phone	mobile	fax

All correspondence to:  private address  business address

**Academic degree**

academic field	final grade
degree (e.g.: diploma, bachelor, master)	year of final degree
university	

If you have a German degree, please indicate which institution issued your degree:

- Universität     
  Hochschule / Fachhochschule     
  Duale Hochschule / Berufsakademie

Credit points for courses you have passed during your previous studies can be transferred to the program if they covered similar contents. Please name the courses that might be suitable for a transfer to the program and highlight the respective courses in your transcript of records:


If you have further academic degrees, please continue on extra sheets.

**Professional career**

The module(s) requires professional experience of one year or more. Please give us some information about your latest employment.

company

--	--	--

department

from

to

function

Professional experience may be applied to hands-on training courses if it has covered tasks similar to those trained in the courses. Please indicate which hands-on training course(s) might be covered by your experience.

Solar Cell Processing

Measurement Instrumentation

Please list the tasks that might be applicable to the selected hands-on training course(s) and attach a job description issued by your employer that confirms your list of tasks:

Further employments can be listed on extra sheets.

**Please tick to confirm that you have understood the following important information:**

- The average weekly workload is about 15 hours.
- The teaching language is English. You confirm that you have a level of English that corresponds to level B2 (or higher) of the European Framework of Reference for Languages.
- The University of Freiburg can grant only limited technical support. It is your responsibility to set up and maintain a suitable computer with internet connection that is operating up-to-date versions of the required software. Required software is Mozilla Firefox or Microsoft Internet Explorer with Flash Plug-in. Additional hardware requirements are a headset and a webcam.
- There are two short campus phases per year in Freiburg. The University of Freiburg does not cover expenses for travelling to Freiburg nor for board and lodging during the campus phases. It is your responsibility to secure the necessary visa to enter Germany.
- The provided learning material is intended to be for you as student. It may not be reproduced, distributed, shared or published without permission. Passwords are not to be exposed to others.

**I affirm with my signature that the information I have given is correct.**

Place, date	signature

For further information and assistance do not hesitate to send an e-mail to:

[solar-energy-engineering@pv-academy.org](mailto:solar-energy-engineering@pv-academy.org)

We would appreciate if you could give us some information on how you got to know about the program.

**Where did you first come across the program?**

Information at my workplace

Media/press

Which?

Internet

http://

Promotional event

Where?

Friends/colleagues/acquaintance

Other:

**Contact:**

University of Freiburg

Solar Energy Engineering

Georges-Koehler-Allee 106

79110 Freiburg

Germany

Phone: +49 761 203 8341

Fax: +49 761 203 8339

solar-energy-engineering@pv-academy.org

## 5.4 Beschreibung der Brückenmodule

<b>DAS-Module A</b>
Brücke MINT-Bachelor oder breiter MINT-Master

<b>Coordinator</b>	Prof. Dr. Margit Zacharias	<b>Instruction Language</b>	English
<b>Type of courses</b>	Online Lectures	<b>Semester</b>	Winter + Summer semester
<b>Workload</b>	750 h (30 ECTS)		
<b>Courses of DAS-Module A</b>			
Course	No. A1.1	The Global Energy Needs in a Nutshell	
Course	No. A2.1	Mathematical Methods	
Course	No. A2.2	Physical Methods	
Course	No. A2.3	Electrical Engineering	
Course	No. A3.1	Semiconductor Devices and Processing Technology	
Course	No. A3.2	Solid Stat and Semiconductor Devices	

<b>Admission requirement</b>
Bachelor degree in technical fields or natural science

<b>Module content and description</b>
<p><b>The Global Energy Needs in a Nutshell:</b> This course provides comprehensive knowledge regarding the fundamentals of the global energy needs in the future. All kind of renewable energy systems will be introduced and discussed with special focus on photovoltaic systems.</p> <p><b>Mathematical Methods:</b> This course provides an introduction to the mathematical methods that are a prerequisite to understand energy conversion principles and to perform research on photovoltaics.</p> <p><b>Physical Methods:</b> The aim of this course is to discuss on a rather basic level some of the fundamental physical principles relevant to the understanding of the working and technology of photovoltaics. This involves the areas of thermodynamics, electromagnetism, optics and quantum mechanics.</p> <p><b>Electrical Engineering and Power Electronics:</b> This course introduces the mathematical fundamentals of electrical engineering which are required to understand how PV systems (DC), electricity grids (AC) and power electronics converters operate. Topologies such as the buck-converter, boost converter, single phase and three-phase inverter will be explained in details</p> <p><b>Semiconductor Devices and Processing Technology:</b> This course provides an introduction to the fundamental processes that are required to produce semiconductor devices. Basics in semiconductor physics and devices will be developed.</p> <p><b>Solid State and Semiconductor Physics:</b> This lecture can be considered as foundation to all other lectures of this master course. It will help students to understand the limits of efficiencies, the device performance at different temperatures and environments taking into account homo- and hetero-junction solar cells.</p>
<b>Learning outcomes</b>

**After successful completion of this module the students should be able to:**

- understand all kinds of renewable energy systems that will be used in future as a whole picture.
- discuss the influence of renewable energy systems.
- understand the basic functionality of photovoltaic systems and solar cells.
- calculate the light reflection and optical charge generation in a semiconductor.
- calculate the time-dependent charge excitation of a wafer for the model-based characterization.
- simulate the doping-profile in a semiconductor wafer that results from surface diffusion of a dopant during a fabrication step.
- explain basic principles of physics relevant for the understanding of solar cell physics and technology.
- understand and describe mathematically the electrical DC and AC processes happening in electrical power systems and converters.
- model the operating principle of basic power converter topologies and explain the function of their active and passive components.
- understand and describe semiconductor devices on the basis of fundamental concepts of solid state physics, thermodynamics, optics and quantum mechanics.
- understand the fundamental processes that are required to produce semiconductor devices.

**Forms of learning and teaching materials:**

- E-lectures and associated reading material that is assigned in each e-lecture.
- Online meetings and forum to ask questions and discuss issues.
- Exercise sheets associated to each lecture block.

**Requirements for the awarding of credit points:**

- Passing the written exams in the Campus Phase.



<b>Kurs B.1</b>
<b>Mathematik Grundlagen</b>

<b>Koordinator</b>	Prof. Kuwert	<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Typ</b>	Präsenz	<b>Semester</b>	Winter + Sommer
<b>Workload</b>	350 h ( 14 ECTS)		
<b>Kurs B.1</b>			
Kurs	No. B1.1	Mathematik I für Studierende des Ingenieurwesens und der Informatik	
Kurs	No. B1.2	Mathematik 2 für Studierende des Ingenieurwesens	

<b>Besonderheiten</b>
Dieses Modul wird in einem ersten Pilotdurchlauf als Präsenzmodul an der Universität Freiburg genutzt. Der Pilotdurchlauf mit völlig fachfremden Personen birgt ein großes Risiko zu scheitern. Aus diesem Grund wird zunächst auf bestehende Vorlesungen zurückgegriffen.

<b>Modulinhalte und Beschreibung</b>
Die Vorlesung gibt eine Einführung in grundlegende mathematische Begriffe, Aussagen und Methoden. Dabei werden Themen der Algebra, der Linearen Algebra und der mehrdimensionalen Analysis behandelt. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algebra: Gruppen, Ringe und Körper. Die Struktur der endlichen zyklischen Gruppen. Euklidischer Algorithmus, Chinesischer Restsatz, kleiner Satz von Fermat. Anwendung: RSA-Verschlüsselung. Lineare Gleichungssysteme, Matrizen, Vektorräume, Determinanten, Lineare Abbildungen und Eigenwerte, Symmetrische Matrizen.</li> <li>• Lineare Algebra: Vektorräume, lineare Abbildungen, Matrizen, lineare Gleichungssysteme, Determinanten, Eigenwerte, Skalarprodukt und Norm, symmetrische Matrizen, (optional:) lineare Codes.</li> <li>• Differentiation und Integration von Funktionen mehrerer Veränderlicher: Kurven, reellwertige Funktionen mehrerer Veränderlicher, vektorwertige Funktionen, Ableitung, partielle Ableitungen, Gradient, Jacobi-Matrix, Hesse-Matrix, Vektorfelder, Divergenz, Laplace-Operator, Integrale mit mehreren Veränderlichen, (optional:) Kurvenintegrale, Integralsätze. Parameterintegrale, Integrale auf elementaren Bereichen, Kurven- und Oberflächenintegrale.</li> </ul>
<b>Lernziele</b>
<b>Mathematik I für Ingenieure und Informatiker:</b> Die Studierenden kennen grundlegende und weiterführende mathematische Begriffe und sie beherrschen weiterführende mathematische Methoden. Sie können mathematische Argumentationsmuster und Beweistechniken anwenden und sind in der Lage kleinere mathematische Beweise selbständig zu führen.
<b>Mathematik II für Ingenieure und Informatiker:</b> Die Studierenden lernen weitere grundlegende mathematische Begriffe und Methoden zur Lösung praktischer Probleme anhand der Algebra und der mehrdimensionalen Analysis. Sie vertiefen und erweitern die in der Veranstaltung Mathematik I gelernten mathematischen Argumentationsmuster und Beweistechniken.
<b>Voraussetzung zur Prüfungszulassung</b>
Regelmäßige Teilnahme an den Übungen ist wichtig für das Verständnis und zugleich Voraussetzung zur Teilnahme an der Abschlussklausur. Der/Die jeweilige Dozent/in legt zu Beginn der Lehrveranstaltung fest, wie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen nachgewiesen wird. In der Regel geschieht dies durch Abgabe der Lösungen zu den wöchentlichen ausgegebenen Übungen. Die Abgabe kann auch online erfolgen. Es kann auch die aktive Beteiligung an den begleitenden Tutorien gefordert und ggf. honoriert werden.

<b>Kurs B.2</b>
Experimentalphysik 1

<b>Koordinator</b>	Prof. Gregor Herten	<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Typ</b>	Präsenz	<b>Semester</b>	Wintersemester
<b>Workload</b>	225 h ( 9 ECTS)		
<b>Kurse B.2</b>			
Kurs	No. B2.1	Experimentalphysik I	

<b>Besonderheiten</b>
Dieses Modul wird in einem ersten Pilotdurchlauf als Präsenzmodul an der Universität Freiburg genutzt.

<b>Modulinhalte und Beschreibung</b>
<p>Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Grundlagen der Physik.  Themenschwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematik des Massenpunktes und Newtonsche Mechanik</li> <li>• Mechanik starrer und deformierbarer Körper</li> <li>• Schwingungen und Wellen</li> <li>• Gase und Flüssigkeiten</li> <li>• Wärmelehre</li> </ul>
<b>Lernziele</b>
<p>Das Ziel des Moduls Experimentalphysik I ist es, die experimentellen Grundlagen der Mechanik, insbesondere der Kinematik, der Dynamik, und des mechanischen Verhaltens der Stoffe in den verschiedenen Aggregatzuständen zu vermitteln. Studierende können auf dieser Basis physikalische Fragestellungen in den Naturwissenschaften bearbeiten.</p>
<b>Voraussetzung zur Prüfungszulassung</b>
<p>Regelmäßige Teilnahme an den Übungen ist wichtig für das Verständnis und zugleich Voraussetzung zur Teilnahme an der Abschlussklausur.  Der/Die jeweilige Dozent/in legt zu Beginn der Lehrveranstaltung fest, wie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen nachgewiesen wird.</p>

<b>Kurs B.3</b>
Elektrotechnik

<b>Koordinator</b>	Prof. Thomas Stieglitz	<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Typ</b>	Präsenz	<b>Semester</b>	Sommersemester
<b>Workload</b>	225 h ( 9 ECTS)		
<b>Kurse B.3</b>			
Kurs	No. B3.1	Einführung in die Elektrotechnik	

<b>Besonderheiten</b>
Dieses Modul wird in einem ersten Pilotdurchlauf als Präsenzmodul an der Universität Freiburg genutzt.

<b>Modulinhalte und Beschreibung</b>
<p>Die Vorlesung "Einführung in die Elektrotechnik" bildet die elektrotechnische Grundlage des MST Studiums und beinhaltet folgende Themen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen</li> <li>2. Elektrische Zweipole</li> <li>3. Magnetische Zweipole</li> <li>4. Einfache Netzwerke</li> <li>5. Quellen</li> <li>6. Netzwerkanalyse</li> <li>7. Wechselstromrechnung</li> <li>8. Frequenzgang</li> <li>9. Schaltvorgänge</li> <li>10. Digitale Systeme</li> <li>11. Halbleiter und Dioden</li> <li>12. Bipolare Transistoren</li> <li>13. MOSFETS</li> <li>14. Elektromechanik</li> </ol> <p>Literatur: Die Vorlesungsfolien werden als Skript verteilt. Zudem wird folgende Literatur empfohlen:</p> <p>Deutsch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Albach et.al.: Grundlagen der Elektrotechnik (3 Bände)</li> <li>• Paul: Elektrotechnik (2 Bände)</li> <li>• Weissgerber: Elektrotechnik für Ingenieure</li> <li>• Hering et.al.: Elektronik für Ingenieure</li> </ul> <p>English:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sarma: Introduction to Electrical Engineering</li> <li>• Schwarz &amp; Oldham: Electrical Engineering</li> <li>• Smith &amp; Dorf: Circuits, Devices &amp; Systems</li> </ul>
<b>Lernziele</b>
<p>Der Studierende versteht Grundlegende Bauteile der Elektrotechnik.</p> <p>Der Studierende kann grundlegende elektrische Schaltungen verstehen und entwickeln.</p>

Der Studierende kann einfache elektrische Schaltungen selbständig aufbauen.

**Voraussetzung zur Prüfungszulassung**

Die Teilnahme an den Übungsstunden und am Praktikum ist Pflicht. Der erste Praktikumsversuch wird noch bekanntgegeben. Der erste Übungskurs wird noch bekanntgegeben.

Die Endnote der Veranstaltung wird wie folgt berechnet:

70% Klausur (im Prüfungszeitraum)

30% Übungen (Teilnahme an den Übungsstunden wird benotet)

Das Praktikum ist eine Studienleistung, die erfolgreich erbracht werden muss, um sich für die Klausur anmelden zu dürfen.

## 5.5 Gesetze zur Zulassung

Ständig aktualisierte Fassungen finden sich auf <http://www.rv.hessenrecht.hessen.de> und <http://www.landesrecht-bw.de>.

### Hessisches Hochschulgesetz (HHG) § 16 Weiterbildung vom 14. Dezember 2009

- (1) Die Hochschulen sollen Weiterbildungsangebote zur wissenschaftlichen Vertiefung und Ergänzung berufspraktischer Erfahrungen entwickeln und anbieten.
- (2) Zu weiterbildenden Masterstudiengängen können auch Bewerberinnen und Bewerber zugelassen werden, die eine Berufsausbildung abgeschlossen haben und über eine mehrjährige Berufserfahrung verfügen; Berufsausbildung und -erfahrung müssen einen fachlichen Bezug zum angestrebten Studium aufweisen. Die Bewerberinnen und Bewerber müssen im Rahmen einer Eignungsprüfung einen Kenntnisstand nachweisen, der dem eines für den angestrebten Studiengang einschlägigen ersten Hochschulabschlusses entspricht. § 54 bleibt unberührt.
- (3) Für die Teilnahme an Weiterbildungsangeboten sind insgesamt kostendeckende Entgelte zu erheben; sie werden vom Präsidium festgelegt. Mitgliedern der Hochschule, die zusätzlich zu ihren dienstlichen Verpflichtungen Aufgaben in der Weiterbildung oder besondere Aufgaben in dualen Studienangeboten übernehmen, kann dies vergütet werden, wenn die Vergütung ausschließlich aus den in den jeweiligen Studienangeboten erzielten Einnahmen finanziert wird. Entsprechendes gilt für zusätzliche Aufgaben im Technologietransfer.
- (4) Wissenschaftliches Personal, das ausschließlich aus Weiterbildungsentgelten finanziert wird, bleibt bei der Berechnung der Aufnahmekapazität für die grundständigen Studiengänge unberücksichtigt.

### Baden-Württembergisches Landeshochschulgesetz (LHG) § 31 Weiterbildung vom 1. Januar 2005

- (1) Die Hochschulen sollen zur Vermittlung weiterer wissenschaftlicher und künstlerischer Qualifikationen Weiterbildungsangebote entwickeln; die Duale Hochschule soll dafür zusammen mit den beteiligten Ausbildungsstätten Möglichkeiten einer wissenschaftsbezogenen und zugleich praxisorientierten beruflichen Weiterbildung im dualen System entwickeln. Die wissenschaftliche und künstlerische Weiterbildung dient auch dem Erwerb beruflicher Qualifikationen und der Heranbildung des wissenschaftlichen und künstlerischen Nachwuchses. Die Hochschulen bieten wissenschaftliche und künstlerische Weiterbildung in Form von weiterbildenden Studiengängen und Kontaktstudien an. Die wissenschaftliche und künstlerische Weiterbildung erfordert curriculare und didaktische Konzepte, die an die Berufserfahrungen der Teilnehmer anknüpfen.
- (2) Weiterbildende Studiengänge vermitteln einen weiteren Hochschulabschluss und werden durch Studien- und Prüfungsordnungen geregelt; die Regelstudienzeit soll höchstens vier Semester betragen. **Zugangsvoraussetzungen für diese Studiengänge sind ein erster Hochschulabschluss und eine qualifizierte berufspraktische Erfahrung von in der Regel mindestens einem Jahr;** im Übrigen gilt § 29 Absatz 2 Satz 5 und 6 entsprechend. Als weiterbildende Studiengänge gelten an Kunsthochschulen auch solche Studien, die einer Vertiefung freikünstlerischer Fähigkeiten dienen. Studierende solcher Studiengänge an den Akademien der Bildenden Künste haben das Recht, an sämtlichen Lehrveranstaltungen teilzunehmen. Der Senat der Kunsthochschule kann Studierende in Studiengängen im Sinne von Satz 3 zu Meis-

terschülern ernennen. Die Hochschulen können private Bildungseinrichtungen mit der Durchführung der Lehre im Rahmen weiterbildender Studiengänge beauftragen. Dabei ist durch einen Vertrag, der der Zustimmung des Wissenschaftsministeriums bedarf, sicherzustellen, dass

1. die von der privaten Bildungseinrichtung verpflichteten Lehrenden mindestens die Voraussetzungen des § 56 Abs. 2 Satz 1 erfüllen,
2. allein der Hochschule die inhaltliche, didaktische, strukturelle, kapazitive und zeitliche Festlegung des Lehrangebots im Rahmen der maßgeblichen Studien- und Prüfungsordnung obliegt und
3. die durch die private Bildungseinrichtung erbrachte Lehre in das Qualitätsmanagement nach § 5 Abs. 1 sowie in die Eigen- und Fremdevaluationen der Hochschule nach § 5 Abs. 2 einbezogen wird.

(3) Das Kontaktstudium dient der wissenschaftlichen oder künstlerischen Vertiefung und Ergänzung berufspraktischer Erfahrungen. Die Regelungen über Studiengänge finden keine Anwendung. Die Hochschulen sollen für die Teilnahme am Kontaktstudium nach erfolgreicher Ablegung einer Abschlussprüfung ein Zertifikat ausstellen. Das **Kontaktstudium kann privatrechtlich ausgestaltet werden**. An Kontaktstudien kann teilnehmen, wer ein Hochschulstudium abgeschlossen oder die erforderliche Eignung im Beruf oder auf andere Weise erworben hat. Die Zugangsvoraussetzungen im Einzelnen und die Zulassungsvoraussetzungen sowie die Ausgestaltung der Kontaktstudien regeln die Hochschulen; im Fall der öffentlich-rechtlichen Ausgestaltung der Kontaktstudien erfolgt dies durch Satzung.

(4) Die Hochschulen können Veranstaltungen des Kontaktstudiums auf Grund von Kooperationsvereinbarungen auch außerhalb des Hochschulbereichs durchführen. Durch den Kooperationsvertrag ist sicherzustellen, dass der Hochschule die Aufgabe obliegt, das Lehrangebot inhaltlich und didaktisch zu entwickeln, Prüfungen abzunehmen und ein gemeinsames Zertifikat auszustellen. Außerdem ist sicherzustellen, dass sich die kooperierende Einrichtung verpflichtet, die Weiterbildungsveranstaltungen in eigener Verantwortung zu organisieren, anzubieten und durchzuführen sowie der Hochschule für ihre Leistungen ein angemessenes Entgelt zu entrichten. Die Durchführung von Lehrveranstaltungen im Rahmen solcher Kooperationsvereinbarungen gehört in der Regel nicht zu den Dienstaufgaben des Lehrpersonals der Hochschulen.

### **Baden-Württembergisches Landeshochschulgesetz (LHG) § 29 Studium; gestufte Studienstruktur (Bachelor- und Masterstudiengänge) vom 1. Januar 2005**

(1) Lehre und Studium sollen Studierende nach Maßgabe der Aufgaben der Hochschule entsprechend § 2 Abs. 1 auf eine berufliche Tätigkeit vorbereiten; §§ 31 und 38 bleiben unberührt.

(2) Die gestufte Studienstruktur mit eigenständigen Bachelor- und Masterstudiengängen, die unter Einschluss eines international kompatiblen Leistungspunktesystems modular ausgerichtet ist, dient der Schaffung eines einheitlichen Europäischen Hochschulraums. Erster Abschluss eines Hochschulstudiums ist der Bachelor als Regelabschluss. Bachelorabschlüsse verleihen dieselben Berechtigungen wie die bisherigen Diplomabschlüsse der Fachhochschulen. Masterabschlüsse schließen als weitere Abschlüsse Studiengänge ab, die erste Hochschulabschlüsse vertiefen, verbreitern, fachübergreifend erweitern oder um andere Fächer ergänzen (konsekutive Masterstudiengänge). **Der Zugang zu einem Masterstudiengang setzt einen Hochschulabschluss oder einen gleichwertigen Abschluss voraus.** Die Hochschulen können durch Satzung weitere Voraussetzungen festlegen. Masterabschlüsse verleihen dieselben Berechtigungen

gungen wie die bisherigen Diplom- und Magisterabschlüsse der Universitäten und gleichgestellter Hochschulen.

(3) Mit Inkrafttreten dieses Gesetzes werden keine Diplom- und Magisterstudiengänge mehr eingerichtet; spätestens mit Beginn des Wintersemesters 2009/2010 werden in solche Studiengänge keine Studienanfänger mehr aufgenommen. Unberührt von Satz 1 und Absatz 2 bleiben die Staatsexamensstudiengänge, die Studiengänge des Theologischen Vollstudiums mit kirchlichem oder akademischem Abschluss, die Studiengänge der Freien Kunst an den Kunsthochschulen, die Studiengänge des Designs an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart sowie die Studiengänge an der Staatlichen Hochschule für Gestaltung Karlsruhe.

(4) In den Prüfungsordnungen sind die Studienzeiten vorzusehen, in denen ein Hochschulabschluss erworben werden kann (Regelstudienzeit). Die Regelstudienzeit schließt Zeiten eines in den Studiengang eingeordneten Berufspraktikums, praktische Studiensemester, an der Dualen Hochschule die Ausbildung in den Ausbildungsstätten und Prüfungszeiten ein. Die Regelstudienzeit beträgt bei Studiengängen mit dem Hochschulabschluss

1. Bachelor mindestens drei und höchstens vier Jahre,
2. Bachelor an der Dualen Hochschule unter Einschluss der Ausbildung in den Ausbildungsstätten in der Regel höchstens drei Jahre,
3. Master mindestens ein Jahr und höchstens zwei Jahre.

Bei gestuften Studiengängen, die zu einem Bachelorabschluss und einem konsekutiven Masterabschluss führen, beträgt die Gesamtregelstudienzeit höchstens fünf Jahre. In anderen Studiengängen beträgt die Regelstudienzeit

1. an den Fachhochschulen höchstens vier Jahre, davon in der Regel drei theoretische Studienjahre und mindestens ein integriertes praktisches Studiensemester, das mit den übrigen Teilen des Studiums inhaltlich und zeitlich abzustimmen und in den Studiengang einzuordnen ist,
2. an den Pädagogischen Hochschulen vier Jahre; in den lehrerbildenden Studiengängen in der Regel drei bis vier Jahre,
3. an den Universitäten und Kunsthochschulen höchstens viereinhalb Jahre.

Darüber hinausgehende Regelstudienzeiten dürfen in besonders begründeten Fällen festgesetzt werden, insbesondere für Teilzeitstudiengänge nach Absatz 7 Satz 1.

(5) Das Studienjahr kann in Semester oder Trimester eingeteilt werden; das Wissenschaftsministerium kann von den Hochschulen eine Änderung der Studienjahreinteilung verlangen oder nach Anhörung der betroffenen Hochschulen die Studienjahreinteilung sowie Beginn und Ende der Vorlesungszeit festsetzen. Wird das Studienjahr in Trimester eingeteilt, gelten die Bestimmungen für Semester entsprechend. Die Satzungen der Hochschulen können vorsehen, dass Studienanfänger nur einmal im Jahr zum Studium zugelassen werden.

(6) Die Duale Hochschule verbindet das Studium an einer Studienakademie mit der praxisorientierten Ausbildung in den beteiligten Ausbildungsstätten (duales System). Durch die Prüfung an der Dualen Hochschule ist festzustellen, ob der Prüfungsteilnehmer die notwendigen theoretischen und praktischen Kenntnisse besitzt und mit den in der Ausbildungsstätte vermittelten wesentlichen Ausbildungsinhalten vertraut ist. Die Studierenden der Dualen Hochschule sind verpflichtet, regelmäßig an den Lehrveranstaltungen teilzunehmen und sich den vorgeschriebenen Leistungskontrollen und Prüfungen zu unterziehen.

(7) Teilzeitstudiengänge stellen ein besonderes organisatorisches Angebot dar, in dem insbesondere Lebensumstände von Studierenden mit Kindern und pflegebedürftigen Angehörigen sowie von Berufstätigen Berücksichtigung finden. Andere Studiengänge sollen grundsätzlich so organisiert werden, dass sie in Teilzeit studiert werden können.



Einbettung, Kooperation, Förderung:

Teilprojekt 6 „Solar Energy Engineering“ ist Teil des Verbundprojekts „Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung“. Das Verbundprojekt „Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung“ ist Teil des Bund-Länder-Wettbewerbs "Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen".

Das Projekt wird in Kooperation der Universität Freiburg mit den Freiburger Fraunhofer-Instituten (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE und Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI) und der Fraunhofer Academy durchgeführt.

Das Vorhaben wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und aus dem Europäischen Sozialfonds der Europäischen Union gefördert.

Kontakt zum Teilprojekt 6:

Dr. Bernward Fleischhauer

fleischhauer@imtek.uni-freiburg.de, Tel.: 0761 203-97517

Georges-Köhler-Allee 106, 79110 Freiburg