

Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung

# MODULHANDBUCH

CAS-Modul „Intelligente Energienetze“

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



**UNI  
FREIBURG**



In Kooperation mit



**Fraunhofer**

**Modulhandbuch CAS „Intelligente Energienetze“**  
**Jeanette Kristin Weichler, M.Sc.**  
**Dr.-Ing. Bernhard Wille-Hausmann**  
**Leonie Preis, Annina Pichler**  
**Teilprojekt 8 „Energiesystemtechnik“**  
**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE**  
**Freiburg i. Br., März 2014**

[weiterbildung@ise.fraunhofer.de](mailto:weiterbildung@ise.fraunhofer.de)

**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.





# Inhalt

<b>1. Funktion des Modulhandbuchs</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Projektvorstellung</b> .....	<b>5</b>
2.1 Das Verbundprojekt.....	5
2.2 Das Teilvorhaben des Fraunhofer ISE.....	6
<b>3. Die Lernplattform „ILIAS“</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Das CAS-Modul „Intelligente Energienetze“</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Geplanter Modulverlaufsplan</b> .....	<b>11</b>
<b>6. Lehrziele des CAS-Moduls „Intelligente Energienetze“</b> .....	<b>12</b>
<b>7. Aufbau der einzelnen Lerneinheiten</b> .....	<b>13</b>
<b>8. Organisatorische Modalitäten</b> .....	<b>14</b>
8.1 Leistungspunkte (Credit Points, CP).....	14
8.2 Stundeneinteilung.....	14
8.3 Vorkenntnisse.....	14
<b>9. Gesamtübersicht über das CAS-Modul „Intelligente Energienetze“</b> .....	<b>16</b>
<b>10. Untergliederung des CAS-Moduls „Intelligente Energienetze“</b> .....	<b>17</b>
<b>11. Anhang</b> .....	<b>34</b>
Abbildungsverzeichnis.....	34



# 1. Funktion des Modulhandbuchs

Ein Modulhandbuch informiert sowohl die Lehrenden als auch die Lernenden – aus zwei verschiedenen Blickwinkeln – über den Studiengang und dessen Ziele. Da der Zertifikats-Studiengang „Intelligente Energienetze“ im Blended Learning-Konzept präsentiert wird und die dozierenden Lernbegleiter in der Entwicklung des Studiengangs inhaltlich involviert sind, wird das vorliegende Modulhandbuch vor allem für die Seminarteilnehmenden informativen Charakter aufweisen. Neben Informationen über die inhaltlichen Aspekte, wird eine konkrete Einteilung der Lerneinheiten und der Prüfungsmodalitäten gegeben. Der methodische Ansatz ist in Blended Learning-Konzepten von großer Bedeutung, da er neben der Motivationserhaltung auch für einen nachhaltigen und effektiven Lernprozess zuständig ist. Deshalb soll im Rahmen des vorliegenden Modulhandbuchs der genaue Verlaufsplan jeder Lerneinheit vorgestellt werden inklusive der geplanten methodischen Umsetzungen, damit ein realistisches Abbild des Weiterbildungsmoduls „Intelligente Energienetze“ geschaffen werden kann.

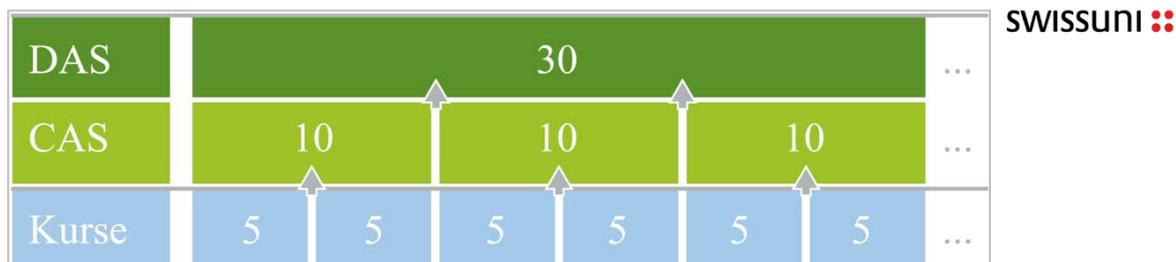
## 2. Projektvorstellung

### 2.1 Das Verbundprojekt

Das Projekt „Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung – Windows for Continuing Education“, in dem der Zertifikats-Studiengang „Energiesystemtechnik“ angesiedelt ist, ist ein Verbundprojekt zwischen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, dem Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI und der Fraunhofer Academy. Innerhalb des Programms des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“ wird das Verbundprojekt gefördert; die Koordination obliegt der Freiburger Akademie für Universitäre Weiterbildung (FRAUW).

Folgende Ziele des Verbundprojektes wurden festgehalten und werden langfristig verfolgt:

- Die Entwicklung eines modular aufgebauten und inhaltlich weit gefächerten wissenschaftlichen Weiterbildungsangebots (in Anlehnung an das Baukastenprinzip der Swissuni).
- Die Entwicklung und Erprobung eines forschungsbasierten und bedarfsorientierten Angebots wissenschaftlicher Weiterbildung, die eng mit der Forschung und Entwicklung verknüpft ist und mittels der Freiburger Academy of Science and Technology (FAST) realisiert werden soll.



**Abbildung 1: Baukastenprinzip, das dem Projekt "Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung - Windows for Continuing Education" zugrunde liegt**

Basierend auf der Kooperation zwischen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg ([www.uni-freiburg.de](http://www.uni-freiburg.de)) und der Swissuni ([www.swissuni.ch](http://www.swissuni.ch)) liegt der Entwicklung der modular aufgebauten Weiterbildungsangebote eine Anlehnung an das anerkannte Baukastenprinzip der Universitären Weiterbildung der Schweiz, Swissuni, zugrunde (vgl. Abbildung 1). Die Weiterbildungsanschlüsse werden nach etablierten Qualitätsstandards und Formaten gestaltet. Die vorhandenen Module können bausteinartig miteinander kombiniert werden und führen zu den Weiterbildungsabschlüssen

- Certificate of Advanced Studies (CAS)
- Diploma of Advanced Studies (DAS)

Um ein Weiterbildungs-Zertifikat zu erhalten, können die Studierenden zwei Kurse (10 CP) aus einer zugelassenen Profillinie zu einem CAS kombinieren; drei CAS ergeben ein DAS.

Eine große Handlungs- und Entscheidungsfreiheit in der Kurswahl gegenüber den Studierenden ermöglicht die Weiterbildung in vielen unterschiedlichen Bereichen.



## 2.2 Das Teilvorhaben des Fraunhofer ISE

Der erhöhte Fachkräftemangel in den MINT-Berufen (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik), vor allem im Bereich der hochaktuellen Thematiken Energiespeicher, Intelligente Energienetze und Energieelektronik, veranlasste und bestätigte das Fraunhofer ISE an der Partizipation des Projektes. Im Teilvorhaben „Energiesystemtechnik“ entwickelt das Fraunhofer ISE praxis- und forschungsnahe Weiterbildungsmodulare.

Durch eine Zielgruppenanalyse kristallisierten sich drei Personengruppen heraus, die das Weiterbildungsangebot „Energiesystemtechnik“ ansprechen soll:

- Zielgruppe 1a (ZG 1a)  
Hochschulabsolventen mit Bachelor-Abschluss in einem MINT-Studiengang
- Zielgruppe 1b (ZG 1b)  
Auszubildende mit Meisterdiplom/-brief aus dem MINT-Bereich
- Zielgruppe 1c (ZG 1c)  
Staatlich geprüfte Absolventen aus dem technischen Bereich

Des Weiteren ist eine mindestens zweijährige Berufserfahrung im MINT-Bereich Voraussetzung für die Zulassung zur Teilnahme des Zertifikats-Studiengangs „Energiesystemtechnik“.

Die Vermittlung der Lerninhalte geschieht im Blended Learning-Konzept mit einem hohen Anteil von Online-Phasen. Während der Online-Phasen werden die Teilnehmenden tutoriell in ihrem Lernprozess unterstützt und begleitet. Zusätzlich finden neben der Online-Betreuung Online-Meetings, Online-Selbsttests und Online-Diskussionsrunden statt. Eine derartige Umsetzung des Weiterbildungsangebots hat zum einen die Vereinbarkeit von Beruf, Familie und Weiterbildung zum Ziel. Zum anderen soll dieses Konzept den Teilnehmenden eine möglichst große Flexibilität im individuellen Lernprozess ermöglichen.

Folgende Modulstruktur liegt dem Zertifikats-Studiengang „Energiesystemtechnik“ zugrunde:

# Weiterbildungszertifikat Energiesystemtechnik

## DAS – Diploma of Advanced Studies Energiesystemtechnik (ZG1) 30 CP

CAS - Certificate  
of Advanced  
Studies

Modul 1  
10 CP

**Energie-  
elektronik**

CAS - Certificate  
of Advanced  
Studies

Modul 2  
10 CP

**Intelligente  
Energienetze**

CAS - Certificate  
of Advanced  
Studies

Modul 3  
10 CP

**Energiespeicher**

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Modulstruktur des DAS-Weiterbildungsstudiengangs Energiesystemtechnik mit Angabe der CP-Punkte



### 3. Die Lernplattform „ILIAS“

Die Lernplattform, auf der der Online-Studiengang „Energiesystemtechnik“ implementiert und präsentiert wird, ist die Open-Source-Software ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperationssystem). ILIAS hat sich im deutschsprachigen Raum weit verbreitet: Viele Universitäten und Hochschulen arbeiten flächendeckend mit der Software, um den Studierenden Material und Informationen zur Verfügung stellen zu können, aber auch in Unternehmen wird ILIAS im Rahmen von Trainingssystemen zur Mitarbeiterfortbildung genutzt. Seit dem Entwicklungsstart 1997 (seit 2000 Open-Source-Software) wurden sowohl die möglichen Funktionen als auch die Anwendungsmöglichkeiten in Zusammenarbeit mit mehreren Hochschulen überarbeitet und erweitert. Heute hat ILIAS ein großes Spektrum an Funktionen, die das E-Learning abwechslungsreich und motivationserhaltend gestalten. Neben Diskussionsforen, Glossaren, Wikis, Bibliotheken, Mails und Chats können Etherpads genutzt und Gruppen innerhalb des Seminars gebildet werden<sup>1</sup>. Des Weiteren besteht für die Seminarteilnehmenden die Möglichkeit mittels mobiler Endgeräte auf die ILIAS-Lernplattform zuzugreifen.

---

<sup>1</sup> Siehe auch: Kunkel, Matthias: „Das offizielle ILIAS 4-Praxisbuch: Gemeinsam online lernen, arbeiten und kommunizieren“, München: Addison-Wesley Verlag, 2011

## 4. Das CAS-Modul „Intelligente Energienetze“

Mit Fortschreiten der Energiewende findet gerade ein Wandel von einer zentralen zu einer dezentralen Erzeugungs- und Entscheidungsstruktur statt. Unsere Netze werden intelligenter. In einem Intelligenten Energienetz sind Erzeugung, Verbrauch, Speicher und Netzkomponenten zu einem effizienten und optimierten Energiesystem vernetzt. Dazu werden verschiedene intelligente Komponenten im Energienetz benötigt, wie Energiemanagementsysteme (z.B. Demand Side Management), Anreizsysteme (z.B. zeitvariable Tarife) und Spannungsregelung (z.B. regelbare Ortsnetztransformatoren). Auch die Struktur und die physikalischen Grundlagen für die Funktion der Energienetze dürfen in diesem Themengebiet nicht fehlen. Im Modul „Intelligente Energienetze“ werden diese Inhalte in einem umfassenden Kontext vermittelt, wie es im Folgenden anhand der Lerneinheiten und in Abbildung 3 beschrieben wird.

Kapitel	Lerneinheit	
Motivation	Wandel in der Energieversorgung	
Stromnetze	Stromnetzaufbau	
	Stromnetzkomponenten zur Übertragung und Verteilung	Leitung Transformator
	Stromnetzkomponenten zur Netzregelung	
	Stromnetzberechnungen	
Intelligente Energienetze	Motivation	
	Spannungsregelung	Regelbarer Ortsnetztransformator Blindleistungsregelung
	Wirkleistungsregelung	Zeitvariable Tarife & Smart Meter Energiemanagementsysteme Thermisch-elektrische Systeme
Ausblick	Kommunikationswege	
	Energiespeicher	

**Abbildung 3: Lerneinheiten des Moduls**

In den Grundlagen der Energieversorgung werden Kenntnisse zu Erzeugung, Speicherung und Verbrauch der elektrischen Energie erläutert und die Verteilung, Übertragung und der Transport von Strom erklärt. Dazu gehören auch geschichtliche Hintergründe und aktuelle Gesetzgebungen in der Energieversorgung. Die physikalischen Grundlagen beziehen sich auf die Prinzipien des Wechselstromes und des Drehstromsystems, sodass komplexe Zahlen und die komplexe Spannung

eingeführt werden. Hierbei werden einige Rechengrundlagen gelegt und die Leistung mit Schein-, Blind- und Wirkleistung erklärt.

Es folgt eine ausführliche Beschreibung und Diskussion des Wandels in der Energieversorgung, sowie eine einführende Definition und Beschreibung Intelligenter Energienetze. In der Einheit zum Stromnetzaufbau werden die wichtigsten Elemente und die Struktur einschließlich der verschiedenen Ebenen des Stromnetzes erläutert. Komponenten zur Übertragung und Verteilung sind die elektrische Leitung und der Transformator. Eine Beschreibung und Berechnung des Ersatzschaltbildes einer elektrischen Leitung bringt die Eigenschaften der Leitung nahe. Der Transformator wird in seinen verschiedenen Ausführungen demonstriert, sowie die Funktionsweise und Darstellung im Ersatzschaltbild erklärt. Die Einheit Stromnetzkomponenten zur Netzregelung beschreibt die möglichen Regelungssysteme eines Stromnetzes. In den Stromnetzberechnungen wird das Aufstellen von Netzgleichungen gelernt und dadurch die Berechnung von kleinen Netzausläufern im Verteilnetz ermöglicht.

Im Kapitel Intelligente Energienetze folgt eine einführende Einheit zur Definition der Fragestellung:

- Was hat sich geändert in der Energieversorgung?
- Welche Technologien und Konzepte gibt es für die Zukunft?
- Wie können Intelligente Energienetze bei den heutigen Herausforderungen helfen?

Weiter folgt ein Kapitel zur Spannungsregelung im Verteilnetz, in der der Regelbare Ortsnetztransformator in seiner Funktionsweise und Anwendung erklärt wird, sowie die Thematik der Blindleistungsregelung analysiert wird. Das anschließende Kapitel zur Wirkleistungsregelung erörtert die Thematik von Zeitvariablen Tarife als Führungsgröße und erklärt den Gebrauch des Smart Meter. Dies leitet über zu Energiemanagementsystemen wie Demand Side Management und dem Energiemanagement durch thermisch-elektrische Systeme.

Den Abschluss bildet ein Ausblick in die Thematik der Energiespeicher und der Kommunikation innerhalb Intelligenter Energienetze. Die Vorstellung der aktuellen Projekte im Rahmen der Abschlusspräsenzphase gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung.

## 5. Geplanter Modulverlaufsplan

Die zeitgleiche Konzeption des Moduls „Intelligente Energienetze“ und des Moduls „Energieelektronik“ legten thematische Überschneidungen dar, die zu folgendem Verlauf beider Module führten:

### Ablauf der Module „Energieelektronik“ und „Intelligente Energienetze“

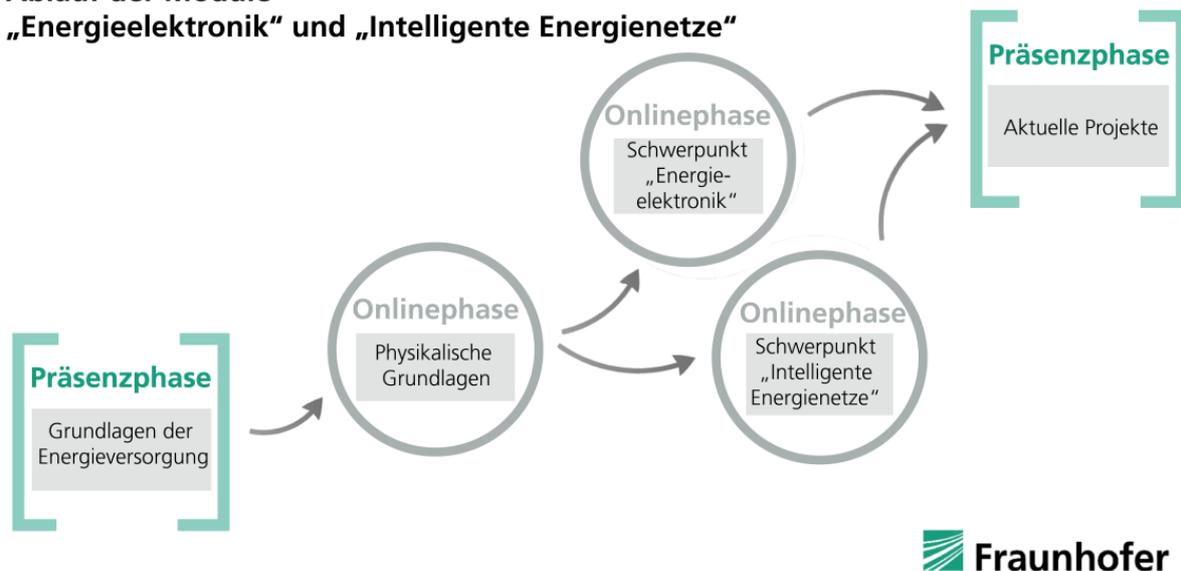


Abbildung 4: Übersicht des Modulverlaufs

Zu Beginn der CAS-Module „Intelligente Energienetze“ und „Energieelektronik“ steht eine gemeinsame Präsenzphase, um einen fachlichen Einstieg in die Energieversorgung und den Aufbau der Elektroenergiesysteme zu erhalten. Des Weiteren dient die erste Präsenzphase dem Kennenlernen untereinander, sowie einer technischen Einweisung in die Online-Umgebung. Daran schließt sich – für beide Module parallel – eine circa zweiwöchige, erstmalige Online-Phase an, in der physikalische Grundlagen behandelt werden.

Das sich der ersten Online-Phase anschließende Online-Meeting dient dazu eine Erfolgskontrolle über die ersten zwei geleisteten Einheiten abzulegen, technische Schwierigkeiten nach der zweiwöchigen Erprobungsphase klären zu können und erste Erfahrungsberichte der Studierenden zu sammeln. Daran anschließend spezialisieren sich die jeweiligen Module auf die Schwerpunkte „Intelligente Energienetze“ oder „Energieelektronik“.

Die schriftliche Modulabschlussklausur wird im Rahmen einer finalen Präsenzveranstaltung absolviert. Des Weiteren treffen beide Module für eine abschließende Projektarbeit aufeinander, in der in Kleingruppen Präsentationen erstellt werden, die im Plenum vorgetragen werden und einen Teil der Abschlussnote ausmachen. Bei Bedarf wird die Projektarbeit als eine modulübergreifende Veranstaltung geplant.

Die Planung sieht vor, den Studiengang „Energieelektronik“ im Dezember 2014 in die Pilotphase zu schicken, weshalb zum Start des Studiengangs „Intelligente Energienetze“ im Juni 2014 die gemeinsamen Veranstaltungen zunächst modulintern ablaufen.

## 6. Lehrziele des CAS-Moduls „Intelligente Energienetze“

Lehrziele des Moduls Intelligente Energienetze	
Die Teilnehmenden...	
<b>Richtziel des Moduls</b>	...beschreiben und interpretieren konventionelle sowie moderne Energiesysteme.
<b>Richtziel des Themenbereichs „Motivation“</b>	...schildern die aktuelle Situation durch den Wandel in der Energieversorgung und erfassen die Definition, Thematik und die Nützlichkeit Intelligenter Energienetze.
<b>Richtziele des Themenbereichs „Stromnetze“</b>	...beschreiben die Struktur und den Aufbau des Stromnetzes. ...erläutern und berechnen die wichtigsten Komponenten des Stromnetzes. ...transferieren die erlernten Kenntnisse auf die Berechnung von kleinen Stromnetzen (Netzausläufer).
<b>Richtziele des Themenbereichs „Intelligente Energienetze“</b>	...beschreiben die Intelligenen Komponenten eines Energienetzes. ...erläutern die ökonomische Betrachtung der Energienetze. ...unterscheiden, bewerten und analysieren die Möglichkeiten der Optimierung moderner Energiesysteme.

Abbildung 5: Zusammenfassung der Lehrziele des Moduls "Intelligente Energienetze"

Die Richtziele des Moduls geben einen Gesamtüberblick zu den Zielen auf die das Modul „Intelligente Energienetze“ hinarbeitet. Das Richtziel zur Beschreibung und Interpretation konventioneller sowie moderner Energiesysteme fasst die Ziele des Moduls zusammen.

## 7. Aufbau der einzelnen Lerneinheiten

Die Lerneinheiten des Moduls sind nach folgendem Ablauf aufgebaut. Im Modul Intelligente Energienetze kommt die Methode des szenarienbasierten Lernens zum Einsatz. Die szenarienbasierten Einheiten unterscheiden sich von den anderen Lerneinheiten durch den zweiten Schritt mit weiteren Diskussionsrunden und Übungsaufgaben zu den jeweiligen Szenarien.



Die in das Modul **einführende Motivation** steht zu Beginn jeder Lerneinheit und fasst kurz zusammen, welche Inhalte in der folgenden Lerneinheit vermittelt werden.



Eine szenarienbasierte Lerneinheit wird durch ein **Teilszenario** (Geschichte, Bild, Problemstellung) motiviert. Die Inhalte innerhalb dieser Einheiten werden anhand der Teilszenarien, welche von einem Gesamtszenario abzweigen, gelernt und führen nach der Bearbeitung zu einem Teilergebnis für das Gesamtszenario.



Eine Auflistung der **E-Lectures** schließt sich an den einleitenden Text bzw. an das Teilszenario an. Die E-Lectures können in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden.



Die **Übungsaufgaben** wiederholen und vertiefen das in den E-Lectures Gelernte mittels verschiedener Aufgabenformen (beispielsweise Beteiligung an einer Forumdiskussion, Verfassen von Glossar- oder Wikieinträgen, Bearbeitung von Übungsaufgaben).



Der abschließende **Selbsttest** zu jeder Lerneinheit dient sowohl den Lernenden als auch den Lehrenden zur Rückmeldung über die absolvierte Lerneinheit. Zusätzlich kann an dieser Stelle eine Ergebnissicherung der bearbeiteten Szenarien stattfinden.

Des Weiteren werden den Lernenden drei verschiedene Literaturhinweise zur Verfügung gestellt:



Die **Pflichtliteratur** muss zum Verständnis der Lerneinheit gelesen werden.



Die **empfohlene Literatur** dient dazu das Gelernte zu vertiefen und nachhaltig zu festigen.



Die **weiterführende Literatur** dient dazu interessierten und persönlich motivierten Lernenden weitere Möglichkeiten der Interessensausbildung zu bieten.

Den Teilnehmenden wird empfohlen das Modul in der vorgegebenen Struktur zu durchlaufen. Für die Teilnehmenden ist es bei Bedarf möglich den Ablauf umzustrukturieren. Allerdings ist bei einer individuellen Umorganisation der Lerneinheiten durch den Lernenden zu beachten, dass somit Inhalte aus dem Kontext gerissen werden, die aufeinander aufbauende Anordnung verloren geht und dadurch ein lückenloser Lernprozess nicht mehr gegeben sein kann.

## 8. Organisatorische Modalitäten

### 8.1 Leistungspunkte (Credit Points, CP)

Insgesamt ergibt das CAS-Modul 10 CP, wobei 1 CP einem Arbeitsaufwand von 30 Stunden entspricht. In der folgenden Darstellung ist die Verteilung der 10 CP aufgeschlüsselt:

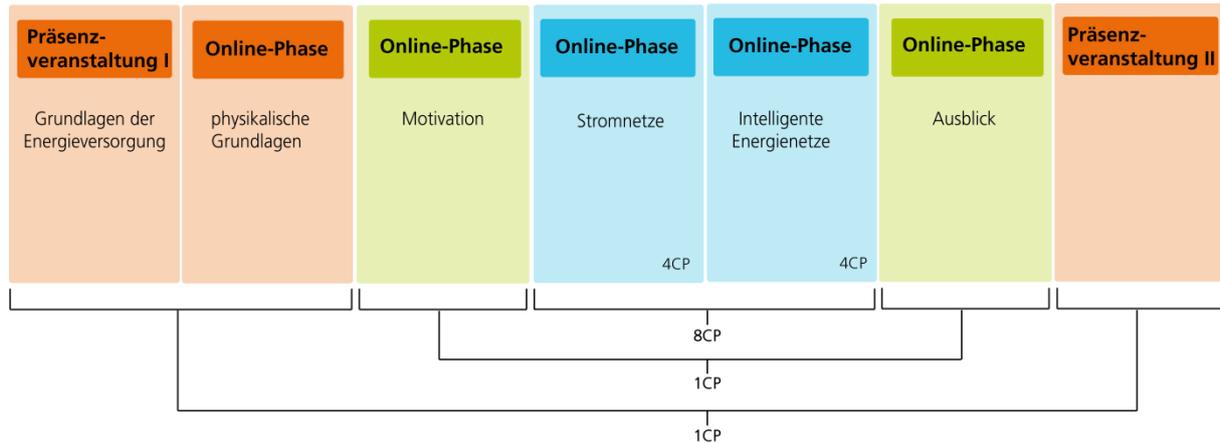


Abbildung 6: Einteilung des Moduls in Credit Points

### 8.2 Stundeneinteilung

Das gesamte Modul umfasst einen Arbeitsumfang von 300 Arbeitsstunden, die sich auf einen Zeitraum von sechs Monaten verteilen.

Im Modulhandbuch wird zwischen der Folienerarbeitungszeit (FEZ; Bearbeitung der Folien) und der Selbsterarbeitungszeit (SEZ; Bearbeitung der gestellten Aufgaben) unterschieden. Die Folienerarbeitungszeit beschreibt den zeitlichen Umfang der inhaltlichen Arbeit mit Hilfe der zur Verfügung gestellten E-Lectures. Die angegebene Selbsterarbeitungszeit gibt eine zeitliche Orientierung an, in der die Inhalte des Moduls mittels Lernmethoden und zusätzlicher Literatur vertieft werden sollen.

### 8.3 Vorkenntnisse

Für das Modul „Intelligente Energienetze“ ist es unabdingbar Gleichungssysteme aufstellen und umformen zu können. Auch das Rechnen mit der Exponentialfunktion und dem Logarithmus gehört zu den Grundvoraussetzungen. Der Umgang mit Differentialgleichungen und den komplexen Zahlen wird benötigt. Einfache Grenzwertbildungen gehören zu weiteren mathematischen Vorkenntnissen.

Die wichtigsten physikalischen Vorkenntnisse sind Berechnungen im Gleichstromkreis und Kenntnisse über den Widerstand, die Spule und den Kondensator. Dazu gehören das Ohm'sche Gesetz und die Kirchhoff'schen Maschen- und Knotenregeln. Es werden grundlegende Kenntnisse zu den Einheiten von Energie und Leistung benötigt. Innerhalb des Moduls wird es jedoch die Möglichkeit geben die eben genannten Themen zu wiederholen und zu vertiefen. Erstmals wird nach der Pilotphase ein freiwilliger Vorkurs angeboten.



#### ANMERKUNG

Das vorliegende Modulhandbuch bietet eine detaillierte Übersicht über die geplanten Inhalte, Methoden und Erfolgskontrollen, erhebt allerdings nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Des Weiteren bleiben Abänderungen den veranstaltenden Verantwortlichen vorbehalten.

## 9. Gesamtübersicht über das CAS-Modul „Intelligente Energienetze“

LERN-EINHEIT	NAME	ZEITAUFWAND	PRÄSENZPHASE (PP)/ ONLINE PHASE (OP)	SEITEN- ZAHL
1	Grundlagen der Energieversorgung	Vortragslänge: 3 h Gruppenaufträge: 3 h Präsentationen: 4 h	PP	17
2	Physikalische Grundlagen	FEZ: 3 h SEZ: 5 h Erfolgskontrolle: 2 h	OP	18
3	Wandel in der Energieversorgung	FEZ: 3 h SEZ: 7 h	OP	19
4	Stromnetzaufbau	FEZ: 3 h SEZ: 17 h	OP	20
5	Stromnetzkomponenten I	FEZ: 6 h SEZ: 24 h	OP	21
6	Stromnetzkomponenten II	FEZ: 5 h SEZ: 25 h	OP	22
7	Stromnetzkomponenten III	FEZ: 3 h SEZ: 7 h	OP	23
8	Stromnetzberechnung	FEZ: 6 h SEZ: 24 h	OP	24
9	Motivation zu Intelligenten Energienetzen	FEZ: 2 h SEZ: 8 h	OP	25
10	Spannungsregelung I	FEZ: 6 h SEZ: 24 h	OP	26
11	Spannungsregelung II	FEZ: 5 h SEZ: 15 h	OP	27
12	Wirkleistungsregelung I	FEZ: 5 h SEZ: 15 h	OP	28
13	Wirkleistungsregelung II	FEZ: 4 h SEZ: 16 h	OP	29
14	Wirkleistungsregelung III	FEZ: 4 h SEZ: 16 h	OP	30
15	Ausblick I	FEZ: 3 h SEZ: 7 h	OP	31
16	Ausblick II	FEZ: 3 h SEZ: 7 h	OP	32
17	Aktuelle Projekte	Gruppenaufträge: 5 h Diskussion: 2 h Abschlussklausur: 3 h	PP	33

## 10. Untergliederung des CAS-Moduls „Intelligente Energienetze“

1. Lerneinheit		
Grundlagen der Energieversorgung		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
Vortragslänge: 3 h Gruppenaufträge: 3 h Präsentationen: 4 h	keine	Präsenzveranstaltung am Fraunhofer ISE in Freiburg (umfasst organisatorische und inhaltliche Einführung)

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grundlagen der Energieversorgung</li> </ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Studierenden erlangen ein Grundverständnis über die Komponenten der Energieerzeugung, des Energietransports und erneuerbare Energien.</li> </ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ol style="list-style-type: none"> <li>I. Vortrag</li> <li>II. Ausarbeitung eines Arbeitsauftrags in Kleingruppen</li> <li>III. Präsentation der Ergebnisse im Plenum</li> </ol>
ERFOLGSKONTROLLE	Feedback zur Präsentation im Plenum Bewertung der Präsentation
LITERATURANGABE	Schwab, Adolf J.: „Elektroenergiesysteme“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2009



**2. Lerneinheit**  
Physikalische Grundlagen

STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 5 h Erfolgskontrolle: 2 h	Exponentialfunktion, Logarithmus Differentialgleichungen, komplexe Zahlen, Gleichstromkreis	Zweiwöchige Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Physikalische Grundlagen</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Studierenden geben die Grundlagen des Wechsel- und des Drehstrom wieder, d.h. sie sind in der Lage Schaltkreise zu berechnen.</li><li>■ Die Studierenden erfassen den Zusammenhang zwischen der gelernten Theorie und der Praxis.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  E-Lectures  rechnerische und verständnisbasierte Übungen  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	Demtröder, Wolfgang: „Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2009



3. Lerneinheit		
Wandel in der Energieversorgung		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 7 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Wandel in der Energieversorgung</li><li>■ Einführung in Intelligente Energienetze</li><li>■ Ziele und Gesetze</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden berichten über den Wandel in der Energieversorgung durch die erneuerbaren Energien bis zum heutigen Stand der Entwicklung (technisch als auch im politischen Sinne) und beurteilen die aktuelle Situation.</li><li>■ Die Teilnehmenden verfügen über ein grundlegendes Verständnis über das Themengebiet Intelligente Energienetze und beziehen an Hand ihres Wissens begründet Stellung dazu.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  E-Lectures  Übungen (Glossareinträge, Wiki)  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	<a href="http://www.smartgrids.eu">www.smartgrids.eu</a>



4. Lerneinheit		
Stromnetzaufbau		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 17 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Verbundsysteme</li><li>■ Netzebenen</li><li>■ Netztopologie</li><li>■ Beteiligte Akteure an der Stromversorgung</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden verfügen über ein grundlegendes Verständnis für den Stromnetzaufbau und beteiligte Akteure und Komponenten der Energieversorgung.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  E-Lectures  Übungen (Glossareinträge, Wiki)  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	Schwab, Adolf J.: „Elektroenergiesysteme“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2009



5. Lerneinheit		
Stromnetzkomponenten I		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 6 h SEZ: 24 h	Kirchhoff'sche Maschen- und Knotenregeln, Kenntnisse zu Widerstand, Spule und Kondensator, Strom und Spannung	Online-Phase Erste Szenarienbasierte Lerneinheit

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Elektrische Leitung</li><li>■ Betriebsmittel Freileitung und Kabel</li><li>■ Ersatzschaltbild</li><li>■ Funktionsweise</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden wenden das Ersatzschaltbild der Leitung korrekt an.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario: Das Verbindungselement</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Berechnungen, Steckbrief)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	Schwab, Adolf J.: „Elektroenergiesysteme“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2009



6. Lerneinheit		
Stromnetzkomponenten II		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 5 h SEZ: 25 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Transformator</li><li>■ Transformatorbauarten</li><li>■ Funktionsweise</li><li>■ Ersatzschaltbild</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden erarbeiten sich die Funktionsweise und Anwendung von Transformatoren.</li><li>■ Die Teilnehmenden wenden das Ersatzschaltbild des Transformators korrekt an.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario: Der Anfang des Dorfnetzes</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Berechnungen, Steckbrief)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	Schwab, Adolf J.: „Elektroenergiesysteme“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2009



7. Lerneinheit		
Stromnetzkomponenten III		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 7 h	Spannung, Strom, Blindleistung, Wirkleistung, Frequenz	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Netzregelung</li><li>■ Regeltransformatoren</li><li>■ FACTS (Flexible AC Transmission Systems)</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden beschreiben die grobe Struktur von verschiedenen Netzregelungsmöglichkeiten (Regeltransformatoren, FACTS).</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  E-Lectures  Übungen (Strukturierungsaufgaben)  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



8. Lerneinheit		
Stromnetzberechnung		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 6 h SEZ: 24 h	Gleichungssysteme	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Grundanforderungen an den Netzbetrieb</li><li>■ Betrachtung von Netzausläufern</li><li>■ Spannungsprobleme im Verteilnetz</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden erfassen die Problematik für die Spannung durch vermehrte Netzeinspeisung von Photovoltaik.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario: Spannungsprobleme im Netzausläufer</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Berechnungen, Steckbrief)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABEN	keine



9. Lerneinheit		
Motivation zu Intelligenten Energienetzen		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 2 h SEZ: 8 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Zusammenfassung der Herausforderungen durch den Wandel in der Energieversorgung</li><li>■ Ökonomische Betrachtung der Netze</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden erfassen die ökonomischen Faktoren der Möglichkeiten (netzausbau vs. Intelligente Energienetze) für die zukünftige Netzplanung.</li><li>■ Die Teilnehmenden erkennen die Nützlichkeit von intelligenten Energienetzen in Bezug auf die nicht gegebene Gleichzeitigkeit von Verbrauch und Erzeugung</li><li>■ Die Teilnehmenden erkennen die Nützlichkeit von Intelligenten Energienetzen in Bezug auf den ermittelten Spannungsanstieg durch vermehrte Photovoltaikeinspeisung</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  E-Lectures  Übungen (Glossareinträge, Wiki)  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



10. Lerneinheit		
Spannungsregelung I		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 6 h SEZ: 24 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Regelbarer Ortsnetztransformator</li><li>■ Funktionsweise</li><li>■ Anwendungen</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden analysieren und bewerten die Anwendung eines RONT in unterschiedlichen Strukturen von Netzausläufern</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario: Kaffeeklatsch mit dem Verteilnetzbetreiber</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Wiki, Diskussion im Forum)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	B. Wille-Haussmann, Integration of Photovoltaic Systems in Smart Grids, 2012



11. Lerneinheit		
Spannungsregelung II		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 5 h SEZ: 15 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Blindleistungsregelung</li><li>■ Technologien</li><li>■ Anwendungen</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden analysieren und bewerten die Anwendung von Blindleistungsregelung im Verteilnetz</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Wiki, Diskussion im Forum)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABEN	B. Wille-Hausmann, Integration of Photovoltaic Systems in Smart Grids, 2012



**12. Lerneinheit**  
Wirkleistungsregelung I

STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 5 h SEZ: 15 h	Computerprogramme zur Erstellung von Datenprofilen (Excel oder Origin) Energie und Leistung, Einheiten	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Synchronisierung von Verbrauch und Erzeugung</li><li>■ Jahresdauerkennlinie</li><li>■ Zeitvariable Tarife und Smart Meter</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden kombinieren die Anwendung von Smart Meter im Zusammenhang mit zeitvariablen Tarifen.</li><li>■ Die Teilnehmenden ordnen die Anwendung von Smart Meter und zeitvariablen Tarifen den Anreizsystemen zu.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	 Einführende Motivation  Szenario  E-Lectures  Übungen (Wiki, Diskussion im Forum)  Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



13. Lerneinheit		
Wirkleistungsregelung II		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 4 h SEZ: 16 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Energiemanagementsysteme</li><li>■ Demand Side Management</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden analysieren verschiedene Energiemanagementsysteme.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Wiki, Diskussion im Forum)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



14. Lerneinheit		
Wirkleistungsregelung III		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 4 h SEZ: 16 h	keine	Online-Phase Letzte Szenarienbasierte Lerneinheit

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Thermisch-elektrische Systeme</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden bewerten thermisch-elektrische Systeme.</li><li>■ Die Teilnehmenden interpretieren den Einfluss der behandelten Technologien auf die nicht gegebene Gleichzeitigkeit von Verbrauch und Erzeugung.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> Szenario</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Wiki, Diskussion im Forum)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



15. Lerneinheit		
Ausblick I		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 7 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Kommunikationswege</li><li>■ Internet der Energien</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden ordnen die Bedeutung der Kommunikation für Intelligente Energienetze ein.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Glossareinträge, Wiki)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



16. Lerneinheit		
Ausblick II		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
FEZ: 3 h SEZ: 7 h	keine	Online-Phase

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Energiespeicher</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden ordnen die Bedeutung von Energiespeichern für Intelligente Energienetze ein.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ul style="list-style-type: none"><li> Einführende Motivation</li><li> E-Lectures</li><li> Übungen (Glossareinträge, Wiki)</li><li> Selbsttest (in Form von unterschiedlichen Fragetypen und Zuordnungen)</li></ul>
ERFOLGSKONTROLLE	Bewertung der bearbeiteten Übungen und Selbsttests
LITERATURANGABE	keine



17. Lerneinheit		
Aktuelle Projekte		
STUNDENEINTEILUNG	VORKENNTNISSE	ANMERKUNGEN
Gruppenaufträge: 5 h Diskussion: 2 h Abschlussklausur: 3 h	keine	Finale Präsenzphase (umfasst Klausur und Abschlussvorträge)

LEHRINHALTE	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Abschlussklausur des Moduls</li><li>■ Aktuelle Projekte</li></ul>
LEHRZIEL	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Die Teilnehmenden erfassen den Bezug zu aktuellen und hochbrisanten Themen in der Forschung und Entwicklung im Bereich der Energiesystemtechnik.</li></ul>
METHODISCHE UMSETZUNG	<ol style="list-style-type: none"><li>I. Vortrag</li><li>II. Vorbereitung eines Abschlussvortrags in Kleingruppen</li><li>III. Präsentation der Ergebnisse im Plenum</li></ol>
ERFOLGSKONTROLLE	Abschlussklausur  Feedback zum Vortrag im Plenum Bewertung des Vortrags
LITERATURANGABE	keine

# 11. Anhang

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Baukastenprinzip, das dem Projekt "Freiräume für wissenschaftliche Weiterbildung - Windows for Continuing Education" zugrunde liegt .....	5
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Modulstruktur des DAS-Weiterbildungsstudiengangs Energiesystemtechnik mit Angabe der CP-Punkte .....	7
Abbildung 3: Lerneinheiten des Moduls.....	9
Abbildung 4: Übersicht des Modulverlaufs.....	11
Abbildung 5: Zusammenfassung der Lehrziele des Moduls "Intelligente Energienetze".....	12
Abbildung 6: Einteilung des Moduls in Credit Points .....	14