

# Dokumentation und Auswertung der Modulumgestaltung im Rahmen des Projektes *konstruktiv*

## **Beispiel: Thermodynamische Energiesystemanalyse (TEA)**

Umsetzungsbeispiel für Präsenz unterstützt durch Off-Campus-  
Lernblöcke

Autorin: Berit Godbersen

Förderkennzeichen: 16OH21063



## 1. Die Lehrveranstaltung im Überblick

Der Master Produktionstechnik (dreisemestrig = 90 CP) verfügt über sieben Vertiefungsrichtungen, darunter die Energiesysteme. Es sind zwei Pflichtmodule, die Vertiefungsmodule 3 und 4 mit insgesamt 15 CP, enthalten. Das Vertiefungsmodul 4 „Energiesystem-Analyse“ (9 CP) umfasst folgende Veranstaltungen:

- Thermodynamische Energiesystemanalyse (3 CP)
- Modeling, simulation and optimization of energy systems (3 CP)
- Regenerative Erzeugung von Gas und Kraftstoffen (3 CP)

Die Lehre wird von drei Lehrenden übernommen. Die Lehrveranstaltungen stehen in keinem engen inhaltlichen Zusammenhang. Die o. g. Pflichtveranstaltungen könnten genauso mit anderen Veranstaltungen aus dem Vertiefungs- oder Wahlpflichtbereich zusammengeführt werden. Hier ließen sich sogar inhaltlich schlüssigere Module formen (-> im späteren Projektverlauf wurden Weiterbildungsmodulare entwickelt, die einen maßgeblich Beitrag zur Flexibilisierung leisten).

### Lerninhalte

Im Modulhandbuch der Produktionstechnik sind die Inhalte wie folgt beschrieben:

- Einführung/Wiederholung: thermodynamische Prozesse, Kreisprozesse, Effizienzbegriff
- Klassische Energieanalyse, Exergieanalyse
- Lebenszyklusanalyse
- Ethische/philosophische Aspekte der Energiesystem-Analyse: Risikobegriff, Nachhaltigkeit; ingenieurtechnische Anwendbarkeit
- Anwendung der Methoden auf Fallbeispiele: z.B. Verbrennungsmotor, Brennstoffzelle
- Kleines Lehrprojekt (rechnergestützte Simulation und Analyse eines Energiesystems)

### Lernergebnisse

Im Modulhandbuch der Produktionstechnik sind die Lernergebnisse wie folgt beschrieben:

Die Studierenden

- erlernen die Grundlagen und Konzepte verschiedener Verfahren zur Analyse von Energiewandlungsprozessen und –systemen, und wenden diese anhand von praktischen Fallbeispielen selbstständig an.
- lernen die grundlegenden Methoden der Systemanalyse anzuwenden.

Im Zuge der Entwicklung des neuen didaktischen Konzepts wurden die Lernergebnisse auf Basis aktiver Verben zur Beschreibung kognitiver Prozesse neu formuliert.

Die Studierenden können

- die Grundlagen und Konzepte verschiedener Verfahren zur Analyse von Energiewandlungsprozessen und –systemen anhand von praktischen Fallbeispielen selbstständig anwenden.
- die grundlegenden Methoden der Systemanalyse auf Energienetze anwenden.
- Optimierungsmethoden als Element konzeptioneller und technischer Prozessgestaltung in Verbindung mit System-Analyse, -Design und -Synthese energieverfahrenstechnischer Anlagen selbstständig anwenden.

- die verschiedenen Alternativen der Energieversorgung (Fossil, Erneuerbar, Nuklear) anhand der ökologischen Wirkungen, der sozio-ökonomischen und sozio-technischen Charakteristika analysieren und bewerten.

### Prüfungsleistung

Die Prüfung ist als „mündliche Prüfung“ deklariert und besteht aus einem Projektbericht, der Präsentation und Diskussion. Gearbeitet wird in Zweiergruppen.

An der Prüfung selbst hat sich mit der Umwandlung nichts verändert, allerdings wird nun explizit auf das Ergebnis hingearbeitet. Alle Lerninhalte sind auf die Verwertbarkeit bzw. Anwendung in der Projektaufgabe aufbereitet. Die formulierten Lernergebnisse werden konsequent verfolgt und geprüft (Constructive Alignment).

## 2. Vorbereitung und Umgestaltung

Das entwickelte didaktische Konzept orientiert sich konsequent an den Standards zur „Strategischen Planung von Lehrveranstaltungen“<sup>1</sup>. Die Planung der Umgestaltung erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurden durch Analyse des Themas und der Zielgruppe die Ziele der Lehrveranstaltung definiert bzw. vorhandene Ziele überprüft. Danach wurde die Umsetzung der Ziele methodisch-didaktisch geplant. Als die Ziele, Inhalte und Methoden aufeinander abgestimmt waren, wurde die raum-zeitliche Flexibilisierbarkeit überprüft und die Lernmaterialien generiert.

Thermodynamische Energiesystemanalyse lief bisher als klassische Frontalveranstaltung in nur sieben Terminen. Durch die reduzierte Präsenz sollten die Studierenden ausreichend Zeit haben, ihre Projektarbeit analog der Lehrinhalte fortlaufend zu entwickeln. Allerdings gab es bisher kein angeleitetes Selbststudium<sup>2</sup>.

Workload	bisher	geplant (WiSe 17/18)
Vorlesung/Präsenz: 7 x 2 h =	14 h	7 x 2 h = 14 h
Individuelles Selbststudium (Vor-/Nachbereitung):	14 h	0 h
Prüfungsvorbereitung:	62 h	30 h
Angeleitetes Selbststudium (DoIT!, Projekt):	0 h	46 h

Ziel der Umgestaltung ist die Steigerung des Lernerfolgs durch eine förderlichere Begleitung der Studierenden. Unterstützt werden soll dies durch eine bessere inhaltliche Orientierung (Advance Organizer: Organisierungshilfe, Fachlandkarte mit Themenüberblick und Zusammenhängen) und klare Lernziele auf die methodisch-didaktisch eindeutig hingearbeitet wird. Unter anderem waren die Prüfungsanforderungen („wie umfangreich muss der Projektbericht sein“) nicht ausreichend transparent, so dass bisher sehr unterschiedliche Quali- und Quantitäten entstanden.

<sup>1</sup> Dr. Immanuel Ulrich (o. J.), Lernmodul Strategische Planung einer Lehrveranstaltung, URL (Stand 9.11.2017) <https://www.immanuel-ulrich.de/gute-hochschullehre/virtuelle-lernmodule/strategische-planung-von-lehrveranstaltungen/>

<sup>2</sup> <http://www.uni-bremen.de/konstruktiv/toolbox/begriffe-erlaeuterungen/lehr-lern-organisation/angeleitetes-selbststudium.html> (abgerufen 9.11.2017)

Das Projektteam führte mehrere Veranstaltungsanalysen durch, darunter die Einführungsveranstaltung und klassische Vorlesungstermine. Entwicklungsbedarfe und –potenziale wurden abgeleitet und ein Durchführungskonzept skizziert. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Initiierung und Verknüpfung längerer Onlinephasen (Abb. 1).

Für die Vor- und Nachbereitung über DoIT! müssen etwa 15 Min. am Anfang (Auswertung der Antworten und eigener Fragen und gleichzeitig Feedback zum Wissensstand, formatives Assessment) und Ende (Initiierung des nächsten Themas) der Präsenz vorgesehen werden (Abb. 2). Reflexions- und Wissensfragen in der Kontaktzeit oder/und im Selbststudium tragen für Lehrende und Lernende zur kontinuierlichen Reflexion des Lernprozesses bei.

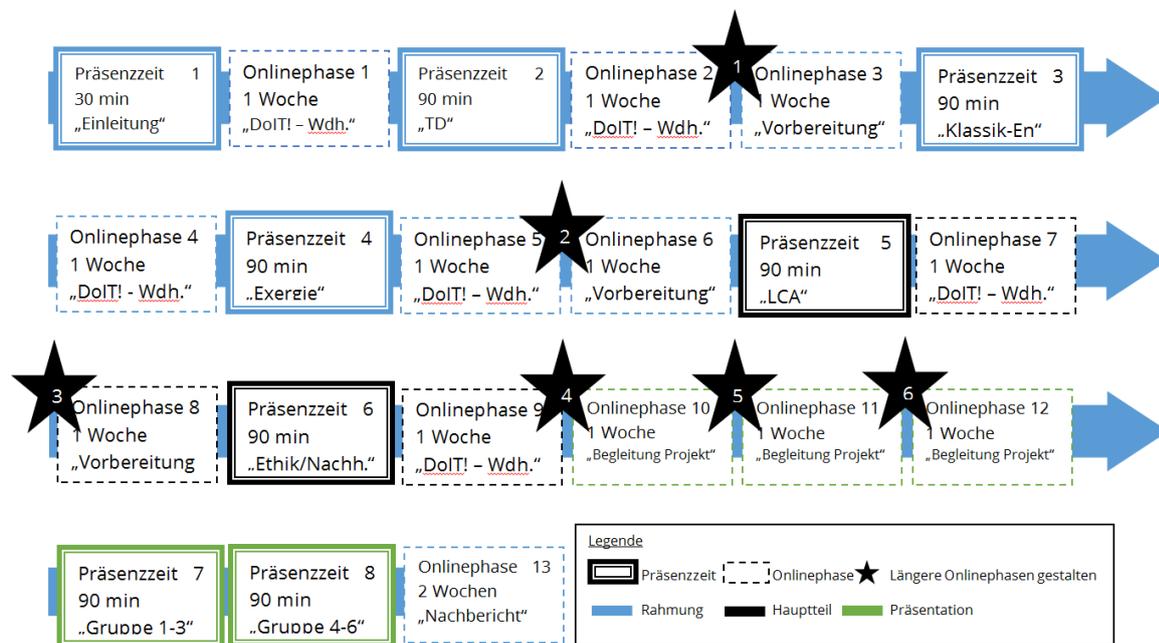


Abbildung 1: Ablauf der Lehrveranstaltung



Abbildung 2: Verbindung Präsenz- und Onlinephasen

Die Präsenztermine konnten nicht weiter reduziert werden. In den sieben Terminen werden die Fachinhalte gesetzt, kritisch reflektiert und diskutiert – ein Lernziel, was in den Präsenzphasen gefördert wird.

### 3. Didaktische Begründung und Hintergrund für die Umgestaltung

„Thermodynamische Energiesystemanalyse“ ist eine Pflichtveranstaltung, die an Grundlagen aus „Technische Thermodynamik“, evtl. „Wärmeübertragung“ und „Chemie“ aus dem Bachelor anknüpft und die Thermodynamik für mehrere Module in der Vertiefungsrichtung Energiesysteme spezialisiert. Der Stundenplan im Master Produktionstechnik ist sehr zerklüftet. Im Bachelor mussten die Studierenden stur der vorgegebenen Fachsystematik folgen. Im Master erfordert es ein hohes Maß an Disziplin und Orientierung, um sich mit Motivation der gewählten Vertiefungsrichtung zu widmen.

#### Ziele und Methoden

##### 1. Vorwissen aktivieren, Anknüpfungspunkte erkennen (Kontextlernen unterstützen)

Didaktische Elemente: Gute Rahmung der Veranstaltung (Begründung und Ziele der Präsenz- und Onlinephasen), Inhaltlich Orientierung anhand eines Advance Organizers, Abfrage von Lernanliegen, Lernbeiträgen und Lernwünschen.

Vorstellung der Lernmaterialien: 5 Präsentationen (Vorlesungsfolien), 2 wissenschaftliche Paper, Buchauszug aus „Life-Cycle-Assessment of Energy Systems“, 1 Zeitungsartikel „Sparsam nur im Prospekt“ (Frankfurter Rundschau). Weiterhin präsenzergänzende Materialien auf DoIT!!.

Das Vorwissen aktivieren und daran anknüpfen, ist didaktisch besonders wichtig und motivationssteigern (vgl. Anhang: 1. „Informationen aus Gesprächen ...“). Dazu wird die Methode Advance Organizer (vorangestellte Ordnung) genutzt. Die Inhalte der gesamten Veranstaltung lassen sich in dieses einfache Schaubild (Abb. 3) einordnen.

Der Advance Organizer ist von David Asubel (1960) als eine Lehr-Lernstrategie zur Aktivierung des Vorwissens und zur Verbesserung der strukturierten Aufnahme von Lerninhalten eingeführt worden.<sup>3</sup>

Die Veranstaltungsthemen folgen im Übrigen genau der Gliederung, wie sie von den Studierenden in ihrem Projektbericht abgearbeitet werden sollen. Eine bewusste Neuerung im didaktischen Konzept: Alle Themen stehen im direkten Bezug zum zu erbringenden Leistungsnachweis.

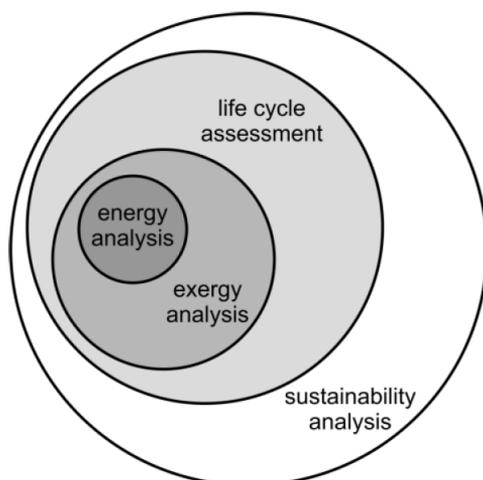


Abbildung 3: Advance Organizer Thermodynamische Energiesystem-Analyse

<sup>3</sup> Kurze Beschreibung der Methode in: <http://methodenpool.uni-koeln.de/download/organizer.pdf> (abgerufen 9.11.2017)

2. Constructive Alignment: Ausgehend von den Lernergebnissen erfolgt methodisch-didaktisch ein sehr schlüssiger Kompetenzaufbau.

Lernziel: *Die Studierenden können Grundlagen und Konzepte verschiedener Verfahren zur Analyse von Energiewandlungsprozessen und –systemen anhand von praktischen Fallbeispielen selbstständig anwenden, analysieren und bewerten (Taxonomiestufe 5 der kognitiven Lernergebnisse<sup>4</sup>).*

Die Veranstaltung bewegt sich schrittweise auf die inhaltlichen Ziele zu und fördert dabei die kognitiven Kompetenzen. Didaktisch entwickelt durch fachliche Inputs, ein präsenzer-gänzendes, angeleitetes Selbststudium in DoIT! und konstruktive Diskurse .

Die Reflexions- und Verständnisfragen, die vor der Präsenz in DoIT! bearbeitet werden (keine Pflichtaufgabe), sind gezielte Anregungen für die Projektarbeit. Die Frage-Nachbereitung in der Präsenz lässt sich direkt auf die Projektarbeit anwenden.

Im Projektbericht bzw. der Projektpräsentation werden letztendlich die Beurteilung der ökologischen Wirkungen sowie eine sozio-ökonomische und sozio-technische Bewertung gefordert. Durch die regelmäßige kritische Reflexion der DoIT!-Aufgabenpakete in den Präsenzphasen wird genau diese Kompetenz erprobt.

3. Formatives Assessment:

Die Interaktion im Lernmanagementsystem bietet den Studierenden die Möglichkeit, kontinuierlich den eigenen Wissensstand zu erfassen und gibt dem Lehrenden Feedback um ggf. steuern eingreifen zu können.

## 4. Reflexion zur Umgestaltung

In den TEAL-Workshops (Technical Engineering for Active Learners)<sup>5</sup>, an denen der wissenschaftliche Mitarbeiter teilgenommen hat, der die Veranstaltung umgestaltet hat, wurde als Leitgedanke transportiert: Zentrale Aspekte für die Gestaltung guter Lehre<sup>6</sup> für heterogene Zielgruppen sind Transparenz, didaktische Konsistenz (→ Constructive Alignment) und das Schaffen von Räumen für die individuelle Wissenskonstruktion. Genau nach diesen Prinzipien wurde die Veranstaltung weiterentwickelt. Das neue didaktische Konzept ist überaus stimmig. Die Veranstaltungsziele werden methodisch-didaktisch gezielt aufgebaut und durch formatives Assessment unterstützt.

Für konsekutiv Studierende und Weiterbildungsstudierende dürfte die Veranstaltung äußerst attraktiv sein: Ein klarer Lernpfad mit begründeten Zielen und Methoden sowie eindeutige Lernmaterialien wirken sehr motivierend. Reduzierte Präsenzen erhöhen die Attraktivität für

<sup>4</sup> <http://www.uni-bremen.de/konstruktiv/toolbox/begriffe-erlaeuterungen/lernergebnisorientierung/kognitive-lernergebnisse.html#c51326> (abgerufen 10.11.2017)

<sup>5</sup> TEAL-Workshops: Impuls-Workshops zu hochschuldidaktischen Themen mit dem Ziel, Lehre zu gestalten und voneinander lernen zu können.

<sup>6</sup> „Kapitel 1: Lehren – Lernen – Prüfen“ der „Charta guter Lehre“: „Unbestritten ist mittlerweile, dass gute Lehre sich dadurch auszeichnet, dass sie eigenverantwortliches, aktives und nachhaltiges studentisches (Tiefen-) Lernen bewirkt und (Oberflächen-)Lernen zu verhindern sucht. Es ist somit die Aufgabe der Lehrenden, Lehr- und Lernarrangements zu gestalten, die das aktive, selbstgesteuerte, soziale Lernen der Studierenden fördern und fordern. Da der Lernprozess von Studierenden entscheidend von drei Faktoren beeinflusst wird – die gesetzten Lernergebnisse, die in Aussicht gestellten Prüfungsformate zur Lernerfolgskontrolle sowie die geplanten Lehr- und Lernaktivitäten (constructive alignment) – sind die Lehrenden angehalten, diese entsprechend zu planen. Die derzeitige Lehr- und Prüfungspraxis an Hochschulen lässt jedoch noch Diskrepanzen zwischen Erkenntnissen und Handeln erkennen.“

berufsbegleitend Studierende. Darüber hinaus können verpasste Veranstaltungen online problemlos nachgearbeitet werden.

Die Lehrenden können den Lernprozess produktiv steuern und besseren Prüfungsleistungen entgegen sehen. Außerdem können sie im laufenden Kurs steuernd eingreifen.

Die umgestaltete Veranstaltung befindet sich in der Erstdurchführung. Eine Evaluation ist Ende des WiSe 17/18 geplant. Erwartet wird eine höhere Zufriedenheit bei den Studierenden, ein höherer Lernerfolg sowie durch formative Evaluation interessantes Feedback für die Lehrenden.

## Anhang

### 1. Informationen aus Gesprächen mit dem Tutor der Veranstaltung sowie mit den Studierenden im Rahmen der Veranstaltungsanalyse.

- a) **Wo liegen Anknüpfungspunkte der Studierenden (Vorerfahrung, Vorwissen, Vorurteile...)?**  
Im ersten Bachelorsemester erlernten die Studierenden die Grundlagen der Chemie in einem ganzen Modul und trafen auf chemische Grundlagen in anderen Modulen.



Debatte um Klimawandel und Energiewende dürfte Allgemeinwissen sein. Aktuelles Tagesgeschehen ist nützlich.

Thermodynamik (TD) Vorurteile, Studierende: Unverständlich nicht logisch; nicht anwendungsbezogen genug; TD habe ich noch nie gekonnt; habe ich in der Schule nie gehabt; Vokabular ist sperrig und man muss viel auswendig lernen.

- b) **Welche Schwierigkeiten, gegebenenfalls auch Defizite, machen den Lernenden zu schaffen?**

Lehrende: Die Studierenden haben vielleicht nicht mehr alles parat oder eben tatsächlich noch nie verstanden.

Studierende: Paper lesen: Zu langatmig; Papierkram; besser kompakte Vermittlung;

Projekt: Spaß; endlich mal Anwendung des erlangten Wissens;

Bericht: zu lang, Struktur/Aufbau, Komplexität

Vortrag: Lampenfieber, Struktur/Aufbau/Darstellung/Präsentation, zusätzliches Wissen, Komplexität

- c) **Welche speziellen Fragen beschäftigen sie?**

Was kann ich damit machen?

Bringt die TD Lösungen für Energieprobleme?

Bringt mir das was für meine Abschlussarbeit?

- d) **Welche Lernbedürfnisse haben sie in diesem Zusammenhang?**

Einen guten Draht zur TD bekommen.

Der Nutzen der TD in der Energiewende. Praxiswissen. Ich weiß, wo ich nachschlagen kann und welche technischen Konsequenzen sich aus der Bewertung ergeben.

Der Nutzen von wissenschaftlichen Papern. Effiziente Ausbeute für das eigene Thema.

Methodik lernen, die ich eventuell in meiner Masterarbeit benutze.

- e) **Welche Kompetenzen bringen sie mit?**

Abgeschlossenes technisches Bachelorstudium, inkl. technischer Thermodynamik. Sie haben Interesse an den Energiesystemen.