

H.-J. Kretzschmar, I. Stöcker Fachgebiet Technische Thermodynamik, Fakultät Maschinenwesen www.thermodynamik-zittau.de

T. Zschunke Fachgebiet Energie- und Kraftwerkstechnik, Fakultät Maschinenwesen http://energietechnik.hs-zigr.de

Nutzung von EBSILON in der Lehre an der Fakultät Maschinenwesen der Hochschule Zittau/Görlitz

Inhalt:

- 1. Weshalb EBSILON in Ausbildung?
- 2. Studentische Arbeiten und Praktika mit EBSILON
- 3. EBSILON im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum
- 4. Anwendung von EBSILON im Fach "Simulation energietechnischer Anlagen"
- 5. Weitergehende Nutzung von EBSILON in studentischen Arbeiten
- 6. Erfahrungen und Schlussfolgerungen

1. Weshalb EBSILON in Ausbildung?

Nutzung von Software in Ausbildung

Studiengang Maschinenbau

Mathcad

NX

Inventor

Solid Works

ANSYS

Studiengang
Energie- und
Umwelttechniktechnik

Mathcad

AutoCAD mechanical

EBSILON

Fluent

Entscheidung für EBSILON weil:

 Ausschließlich graphischer Aufbau des Schaltbildes, übersichtliche Dateneingabe, komfortables Erkennen von Eingabefehlern

> ↓ Anschaulichkeit ↓

Eignung für Lehre

- Programm mit breiter Anwendung in Praxis und hoher Akzeptanz

Spätere Anwendung im Beruf mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben!

Lizenzen von EBSILON an der Hochschule Zittau/Görlitz

2000: EBSILON-Testversion

2001: 20 Netzwerk-Lizenzen EBSILON für PC-Pool der Fakultät Maschinenwesen

seit 2007: 20 Lizenzen EBSILON für PC-Pool

3 Einzelplatz-Lizenzen EBSILON für Lehrende

5 Lizenzen EbsScript

2. Studentische Arbeiten und Praktika mit EBSILON

Nutzung im Studiengang Energie- und Umwelttechnik mit 30 bis 40 Studierenden

► Grundstudium: Fach Technische Thermodynamik III im 4. Semester

Praktikum als Sitzung am PC für 2 Std.

► Hauptstudium: Fach Simulation energietechnischer Anlagen mit

Semester begleitenden Beleg im 7. Semester

im Umfang 2 Semesterwochenstunden und

60 Std. Selbststudienzeit

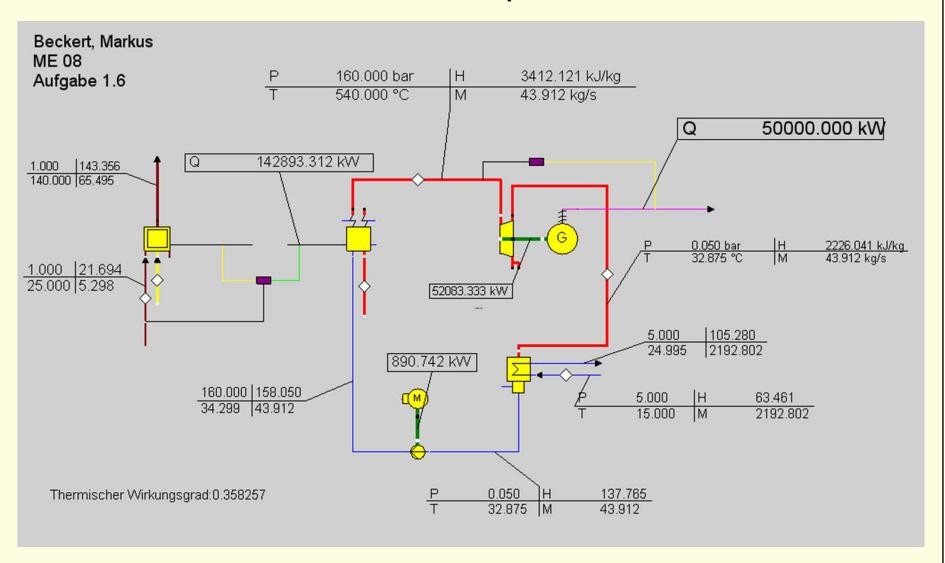
Studienrichtungen: • Wärme- und Kraftwerkstechnik

- Regenerative Energietechnik
- Kernenergie- und Strahlentechnik
- Gebäudeenergietechnik (ab 2011)

► Studien- und Diplomarbeiten

3. EBSILON im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum

Inhalt: Einfacher Clausius-Rankine-Rechtsprozess



Vorbereitung des Praktikums

Studierende erhalten:

- **Broschüre** mit allgemeinen Informationen über EBSILON, prinzipiellen Hinweisen zur Bedienung von EBSILON und Beschreibung des Praktikumablaufs
- Individuelle Aufgabenstellung für Berechnung eines einfachen Clausius-Rankine-Kreisprozesses

30 Varianten für Aufgabenstellungen in 3 Gruppen mit jeweils verschiedenen Werten

| Gruppe | Gegebene Größe | | |
|--------|----------------|---------|-------------------|
| | ṁ | P_{G} | $\dot{m}_{\rm B}$ |
| 1 | | х | |
| 2 | | | x |
| 3 | x | | |

Handrechnung zur Vorbereitung

- Berechnung der Zustandsgrößen and Prozesspunkten nicht gegebene Prozessgrößen
- Darstellung des Schaltbildes und der Zustandsänderungen im *h*,*s* und *T*,*s*-Diagramm

31.03.2011

Durchführung des Praktikums

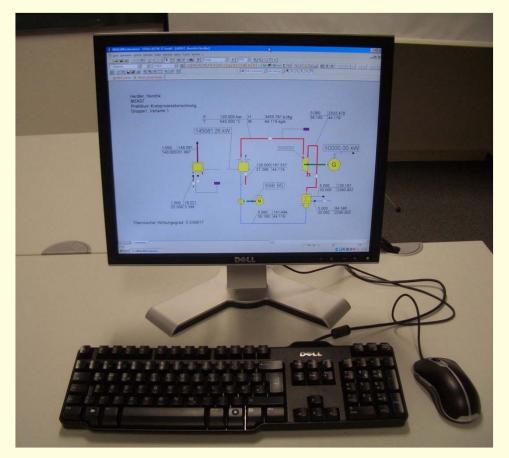
Sitzung im PC-Pool (ca. 2 Stunden)

- Aufbau des Schaltbildes individuell durch die Studierenden nach einer Anleitung
 Die Anleitung stellt die Voraussetzung für die Nutzung von EBSILON durch
 30 bis 40 Studierende je Studienjahr dar!
- Betreuung durch Lehrkraft im PC-Pool
- Nachrechnung des von "Hand" gerechneten Prozesses mit EBSILON
- Durchführung einer Parametervariation durch Editieren der EBSILON-Eingabedatei
 - → ausgehend von jeweiliger Variante der Aufgabenstellung werden
 2 Größen in je 5 Werten variiert

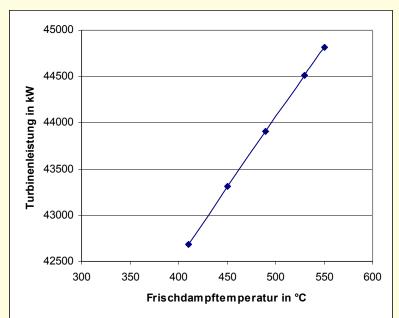
Auswertung des Praktikums

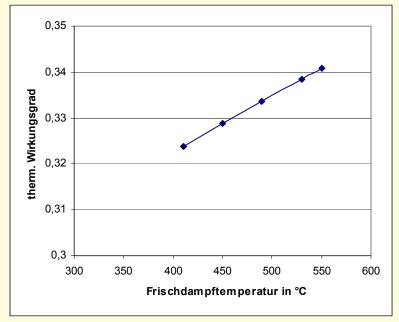
- Vergleich mit Handrechnung
- Darstellung der Parametervariation in Diagrammen

Fertigstellung des Schaltbildes im PC-Pool



Darstellung der Parametervariation in Diagrammen





4. Anwendung von EBSILON im Fach "Simulation energietechnischer Anlagen" im 7. Semester

Arbeitsschritte

- Detailliertes Kennenlernen des Programms EBSILON mit Hilfe eines ausführlichen Einführungsbeispiels (Tutorial) – aufbauend auf das Praktikum im Fach Technische Thermodynamik III im 4. Semester
- Individueller Aufbau einer Basisschaltung in EBSILON (für alle Studierenden gleich)
- Davon ausgehend Gestaltung einer individuellen Schaltungsvariante gemäß Aufgabenstellung
- Durchführung von Parameterstudien

Auswertung der EBSILON-Ergebnisse

- Vergleich der Schaltungen, Diskussion über Realisierbarkeit
- Erstellen und Überprüfen vollständiger Energiebilanzen
- Arbeit mit Effizienzkennzahlen (Bruttowirkungsgrad, Nettowirkungsgrad, Brennstoffausnutzungsgrad)
- Darstellung von Energiestrombilanzen in Form von Sankey-Diagrammen
- Ergebnisdarstellung und Diskussion der Parameterstudien

Anfertigung einer Belegarbeit und Verteidigung vor der Gruppe

→ Vergleich der Schaltungsvarianten der Studierenden möglich

Individuelle Aufgabenstellungen

| Studienrichtung | Individuelle Aufgabenstellungen zur Anlagengestaltung | Variantenvergleiche |
|-------------------------------------|--|--|
| Wärme- und Kraftwerkstechnik | Clausius-Rankine-Prozess mit - Variationen der Vorwärmsäule - Variation der Kondensationsbedingungen - Wärmeauskopplung - Zwischenüberhitzung - Vergleich ESP und TSP - verschiedene Brennstoffe | Variationen von: - Frischdampftemperatur - Frischdampfdruck - Kühllufttemperatur oder - Kühlwassertemperatur - Wärmestrom der Wärmeauskopplung |
| Regenerative Energietechnik | oder GuD-Prozess mit - Variationen der Vorwärmsäule zum Kennenlernen der Koppelbedingungen - Variation der Kondensationsbedingungen - Wärmeauskopplung | Brennstoffmassestrom Lufteintrittstemperatur in Gasturbine nur bei GuD-Prozess |
| Kernenergie- und Strahlentechnik | Sattdampfprozess mit Untersuchung der - Anordnung von Entnässungen - Zwischenüberhitzung - Veränderungen der Vorwärmsäule | - Frischdampfdruck- Kondensationstemperatur- Entnässungsgrad |

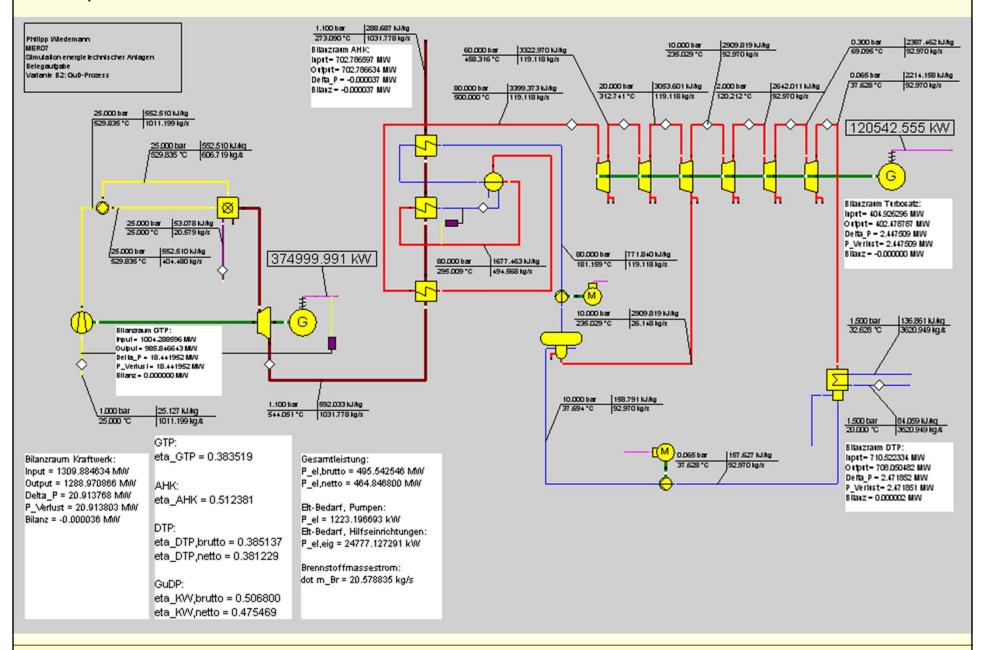
Organisation der Lehrveranstaltung

2 parallele Lehrveranstaltungen mit 2 Stunden wöchentlich im PC-Pool mit Anwesenheit Lehrpersonal für:

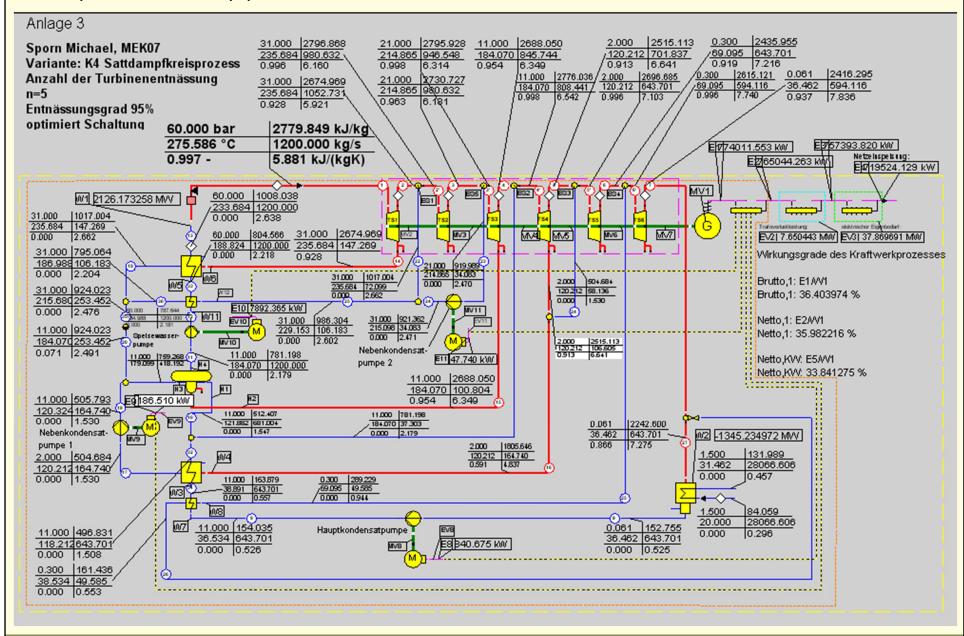
- Bearbeitung Einführungsbeispiel
- Individuelle Belegbetreuung
- Pflichtkonsultation
- Anfertigung eines Beleges
- Verteidigung des Beleges vor Seminargruppe

Beispiel für Schaltung mit Wärmeauskopplung Bilanzraum KW Bilanzraum 3: elektrisch Bilanzraum 4: Blocktrafo Bilanzraum 2 betriebene Hilfseinrichtungen Alhelm Aline Zufuhr: 18753.513949 kW Zufuhr: 80403.101064 kW MEW07 Zufuhr: 57767.784453 kW Zufuhr: 20000.000079 kW Simulation Energietechnischer Anlagen Abfuhr: -78802,136993 kW/ Abfuhr: -18565,978809 kW/ Beleg Heißdampfprozess A11 Abfuhr: -57767.784453 kW Abfuhr: -19000.000075 kW/ Verluste: -1600.958835kW Verluste: -187.535140 kW/ Bilanzraum 1: Teilbilanz 5 Pumpe für Verluste: -0.000000 kW Verluste: -1000.0000004 kW/ Wärmeauskopplung Summo: 0.000000 LV07 Summe: 0.005237 kW/ Telblarz 1 Turbhe Summe: 0.000000 kill Summe: 0.000000 k/07 Zufuhr: 15037.218164 kW/ + Generator Zift i r: 80123,31557 4 KW 60.000 |3322.970 Abfuhr: -15037.207338 kW/ 458.316 18.757 Abft 1 r: -797 17 212763 MW Verluste: -0.010826 kW/ Verluste: -406.102812 M/V 18753.514 KW Summe: 0.000000 kW Summe: 0.0000000 M/V 1.000 | 143.832 Teilbilanz 6 Pumpe für Telibilarz 2 Kordersaformpe 170,000 0.710 Trockenkühlung Zuft hr: 2750.276876 MW Zufuhr: 22635.316611 kW/ 12.940 60.000 |3322.970 Abm 1 r: -27 49.64 1894 M/V 32.797 80.000 | 1202.566 273.586 | 23.570 1.000 458.316 4.813 32,628 1501.562 Abfuhr: -22635,316611 kW/ Verluste: -0.634982 MW 60,000 | 1213,731 0.300 2387.462 275.596 4.813 Stmme: 0.0000000 M/V 1,000 (15,075 80,000 |771,840 181,159 |23,570 69.095 2.383 Verluste: -0.000000 kW 222.430 M/V 15,000 1501 562 Telibilarz 3 Pumpe bel NDV Summe: 0.000000 kW VM 0000.0 3.000 167.800 Zuft hr: 1150.414553 MW 10.000 | 1213.731 40,000 59,816 Gesamt 179.896 4.813 Abft 1 r: -1150,345869 M/V 10,000 2909.819 10.000 497.912 Zufuhr: 74660.597223 kW/ Verluste: -0.068684 M/V Summe: 0.0000000 M/V Abfuhr: -74247.168295 kW/ 2.313 kW 0.065 157.627 Telibitanz 4 Pumpe nach 10.000 | 496.760 Verluste: -413.423691 kW/ 37.628 12.940 Spelse was serbe hälter 2,000 | 2542,011 Zufuhr: 18198,887810 MW 3,000 (251,390 Abft 1: -18192.281422 MW 289, 229 Verluste: -6.606388 MW Summe: 0.0000000 M/V Bruttowirkungsgrad: 0.386259 Nettowirkungsgrad: 0.358563 21.379 MW DE-Wirkungsgrad: 0.954994 10.000 | 179.446 Nettowirkungsgrad-KW: 0.350431 0.065 | 157 .627 B-Wirkungsgrad: 0.482823

Beispiel für GUD-Prozess



Beispiel für Sattdampfprozess



5. Weitergehende Nutzung von EBSILON in studentischen Arbeiten

Beispiel für Studienbeleg:

Vergleich von Biomasse BHKW-Konzepten mit EBSILON

bearbeitet von Patrick Pasold, MER 07

Beispiel für Praxissemesterarbeit:

Thema bei Vattenfall (Kernkraftwerk Brunsbüttel):

Simulation des Wasser-/Dampfkreislaufes eines Siedewasserreaktors mit Hilfe von EBSILON®

bearbeitet von Sören Jacobi, MEK 03

Beispiele für Diplomarbeit:

Thema bei Vattenfall Europe Powerconsult GmbH (mit Sperrvermerk):

Erstellung eines EBSILON- Modells der 30MWth- Oxyfuel- Forschungsanlage in Schwarze Pumpe

bearbeitet von Martin Bachmann, MER 05

Thema bei RWE Power AG:

Thermodynamische Modellierung eines Braunkohleblockes unter besonderer Berücksichtigung des Dampferzeugers

bearbeitet von Robert Preusche, MEW 02

6. Erfahrungen und Schlussfolgerungen

Studierende nehmen EBSILON an !

EBSILON im Praktikum Thermodynamik (4. Semester)

- Kennenlernen eines kommerziellen Programms
 - → Philosophie solcher Programme
- Programmanwendung kein Blindflug
 - → Anschaulichkeit durch graphische Bedienung
- → vorausgegangene Handrechnung
- "AHA"-Erlebnis Programm bestätigt Handrechnung
 - → Gefühl für das, was im Programm passiert
- Parametervariation
 - → von Hand kaum durchführbar
- → Gefühl für Einfluss verschiedener Größen
- Vorbereitung der Nutzung von EBSILON bereits im Praxissemester (5. Semester)

EBSILON im Fach Simulation energietechnischer Anlagen (7. Semester)

- Verständnis und Philosophie von Simulationswerkzeugen werden vermittelt
- Fähigkeit zur Anwendung auf reale Kraftwerksschaltungen wird erhöht
- Energietechnisches Komplexdenken wird gefördert
- Schwachstellen bezüglich des anwendbaren Wissens werden sichtbar und deutlich verringert
- Kultivieren einer gesunden Skepsis gegenüber Berechnungswerkzeugen
- Arbeit mit Kennzahlen (Brutto- und Nettowirkungsgrad, Brennstoffausnutzungsgrad) wird gefestigt