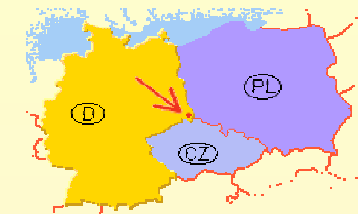


Hochschule Zittau/Görlitz (FH)
University of Applied Sciences
Fachgebiet Technische Thermodynamik
<http://thermodynamik.hs-zigr.de>



H.-J. Kretzschmar

I. Stöcker

J. Schuster

A. Bläser

Einsatz von Epsilon in der Hochschulausbildung

Epsilon-Anwendertagung

Bensheim 12.-13.09.2002



Inhalt:

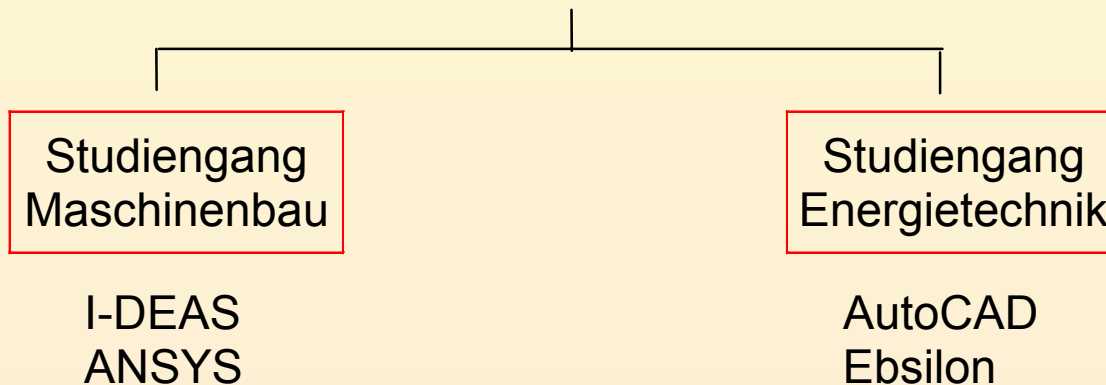
1. Weshalb Epsilon in Ausbildung ?
2. Studentische Arbeiten und Praktika mit Epsilon
3. Epsilon im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum
 - 3.1 Vorbereitung
 - 3.2 Durchführung
 - 3.3 Auswertung
4. Weitergehende Nutzung von Epsilon in studentischen Arbeiten

Stoffwert-Bibliotheken für Epsilon



Weshalb Epsilon in Ausbildung?

Moderne CAD-Software in Ausbildung





Entscheidung für Epsilon weil:

- Ausschließlich graphischer Aufbau des Schaltbildes, übersichtliche Dateneingabe



Anschaulichkeit



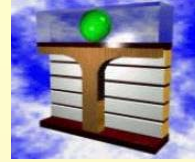
Eignung für Lehre

- Durchgängige Verwendung von Epsilon im Studium möglich

- Grundstudium → Praktikum
- Hauptstudium → Belege
- Studienarbeiten
- Diplomarbeiten

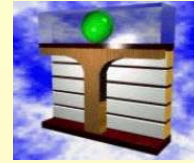
- Programm mit breiter Anwendung und hoher Akzeptanz

→ Spätere Anwendung im Beruf mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben



Beschaffung von Epsilon

- 2000: Epsilon-Testversion (kostenfrei)
- 2001: 20 Netzwerk-Lizenzen für PC-Pool des Fachbereichs
Maschinenwesen
- Ausbauziel: Lizenzen für zweiten PC-Pool
5 Einzelplatz-Lizenzen
10 Home-Use-Lizenzen für Studierende



Studentische Arbeiten und Praktika mit Epsilon

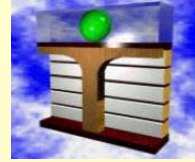
- **Grundstudium:** Praktikum (Sitzung am PC für 2 Stunden)
im Fach Technische Thermodynamik II

Studiengang Energietechnik	30 Studierende
----------------------------	----------------

- **Hauptstudium:** Beleg (Umfang 60 Stunden)
in Fächern Kraftwerkstechnik
Wärmeversorgung
Energietechnik

Studienrichtung	Studierende
Wärme- und Kraftwerkstechnik	10
Regenerative Energietechnik	10
Kernenergie- und Strahlentechnik	10

- **Studien- und Diplomarbeiten**



Epsilon im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum

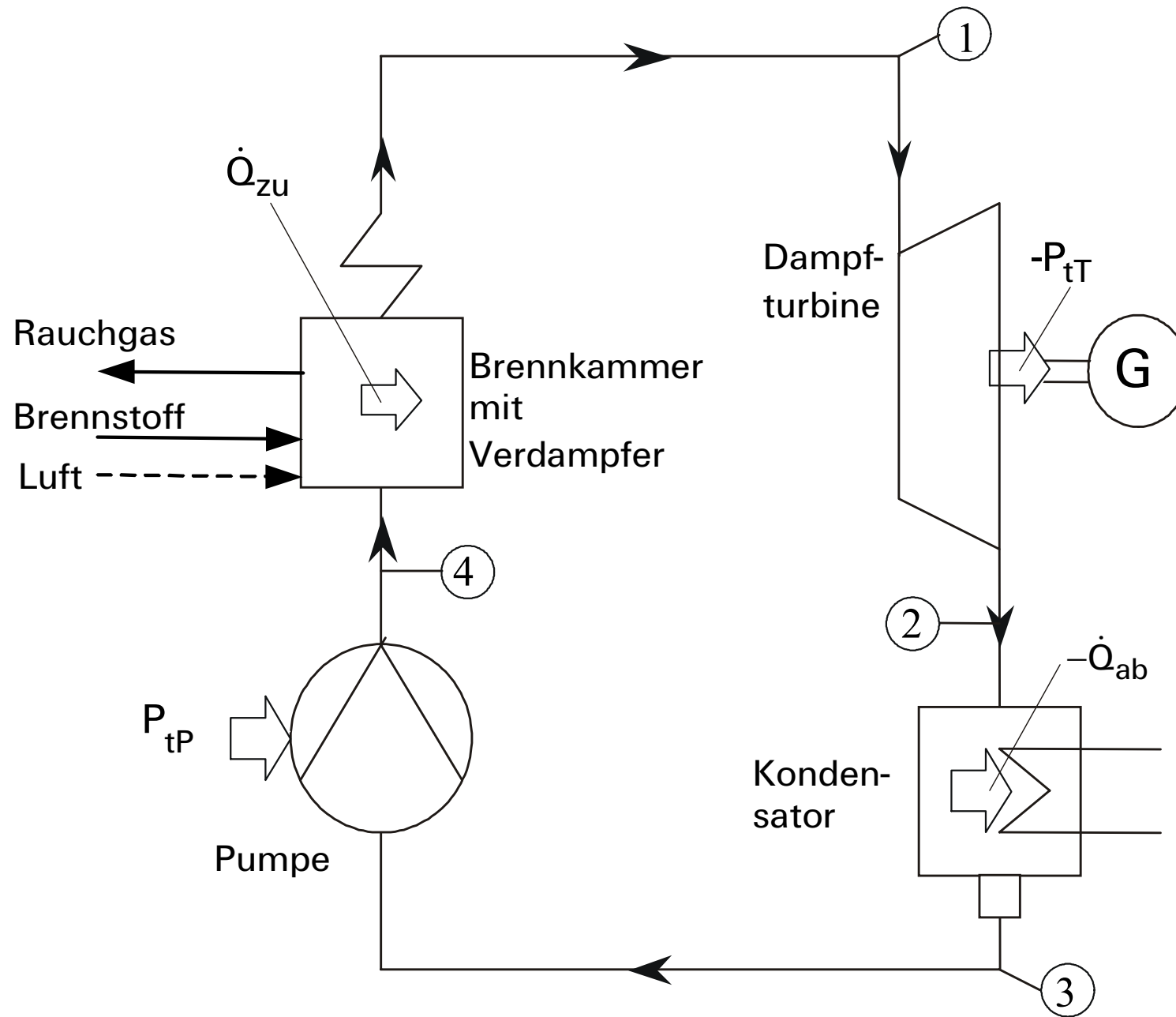
Inhalt: Einfacher Clausius-Rankine-Rechtsprozeß
→ Parameterstudien

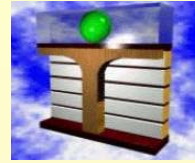
Vorbereitung des Praktikums

- **Studierende erhalten**

Broschüre mit

- allgemeinen Informationen über Epsilon
- prinzipiellen Hinweisen zur Bedienung von Epsilon
- Beschreibung des Praktikumablaufs





Epsilon im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum

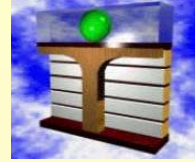
- Konkrete Aufgabenstellung mit Werten für Berechnung eines einfachen Clausius-Rankine-Kreisprozesses

30 Varianten für Aufgabenstellungen in 3 Gruppen

Gruppe	Unterschiede bei den gegebenen Größen		
	\dot{m}	P_G	\dot{m}_B
1		x	
2			x
3	x		

- **Handrechnung zur Vorbereitung**

- Berechnung der nicht gegebenen Größen sowie \dot{Q}_{DE} , P_P und η_{th}
- Darstellung des Schaltbildes und der Zustandsänderungen im h,s- und T,s- Diagramm



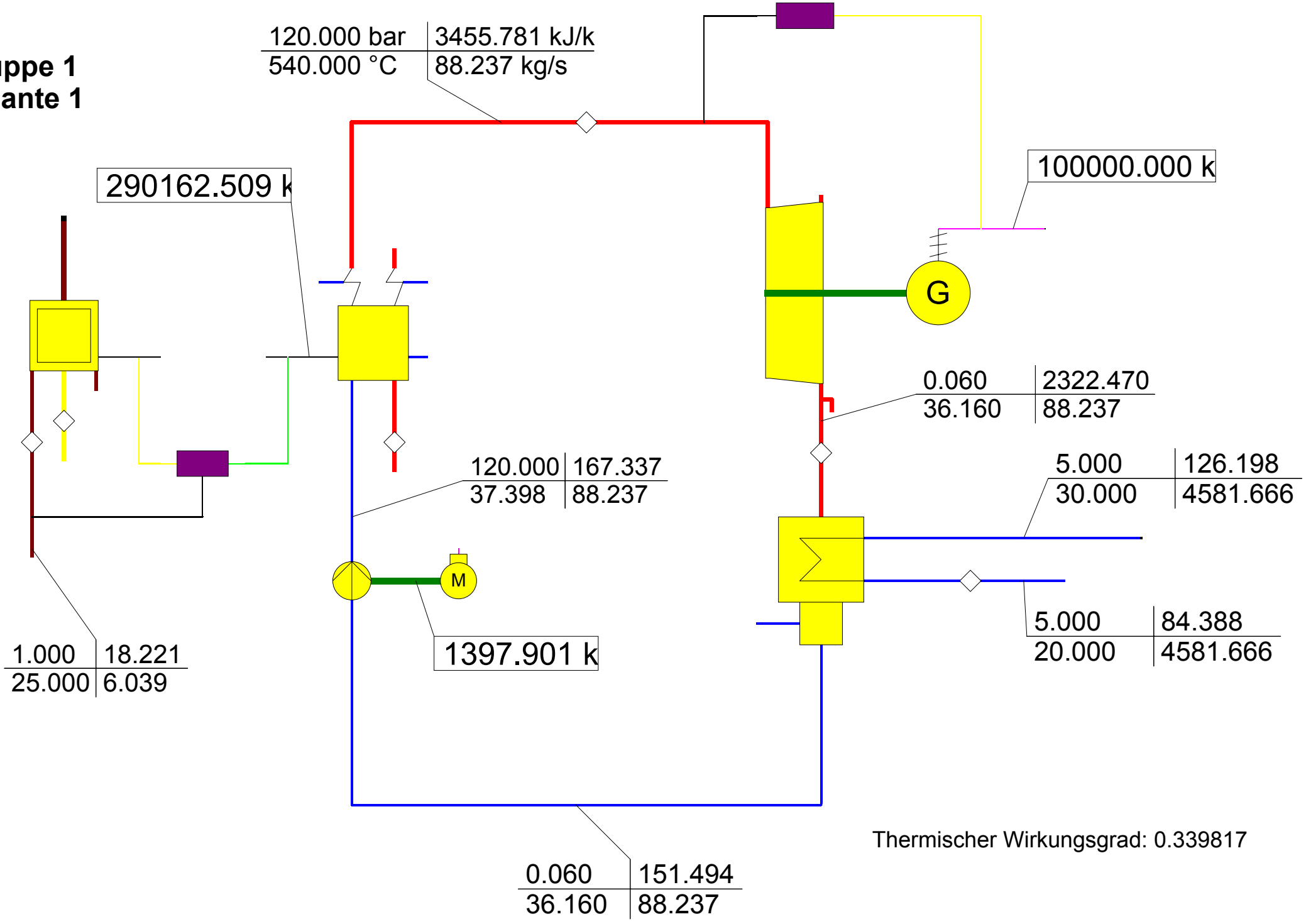
Epsilon im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum

Durchführung des Praktikums

Sitzung am PC (ca. 2 Stunden)

- Aufbau des Schaltbildes nach einer detaillierten Anleitung (31 Seiten)
- Eingabe der gegebenen Werte gemäß Aufgabenstellung
- Nachrechnung des von "Hand" gerechneten Prozesses ([Schaltbild](#))
- Durchführung einer Parametervariation durch Editieren der Epsilon-Eingabedatei
 - ausgehend von jeweiliger Variante der Aufgabenstellung werden 2 Größen in je 5 Werten variiert

Gruppe 1
Variante 1





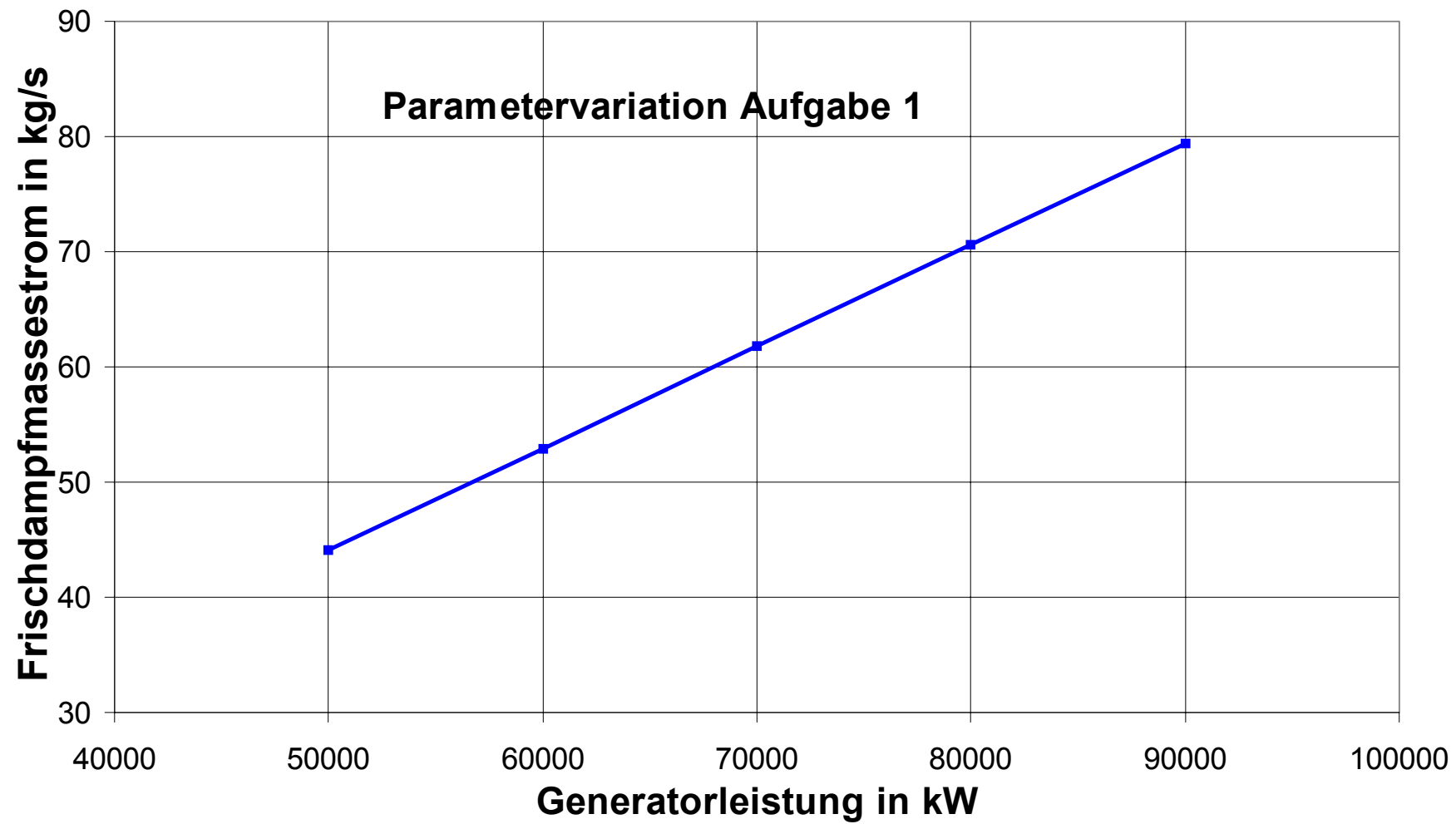
Epsilon im Thermodynamischen Grundlagenpraktikum

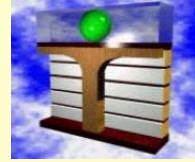
Auswertung des Praktikums

- Vergleich mit Handrechnung
- Darstellung der Parametervariation in Diagrammen, beispielsweise:

Parametervariation Aufgabe 1

[Frischdampfmassestrom in Abhängigkeit von der Generatorleistung](#)



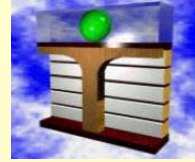


Erfahrungen

Studierende nehmen Praktikum mit Epsilon an !

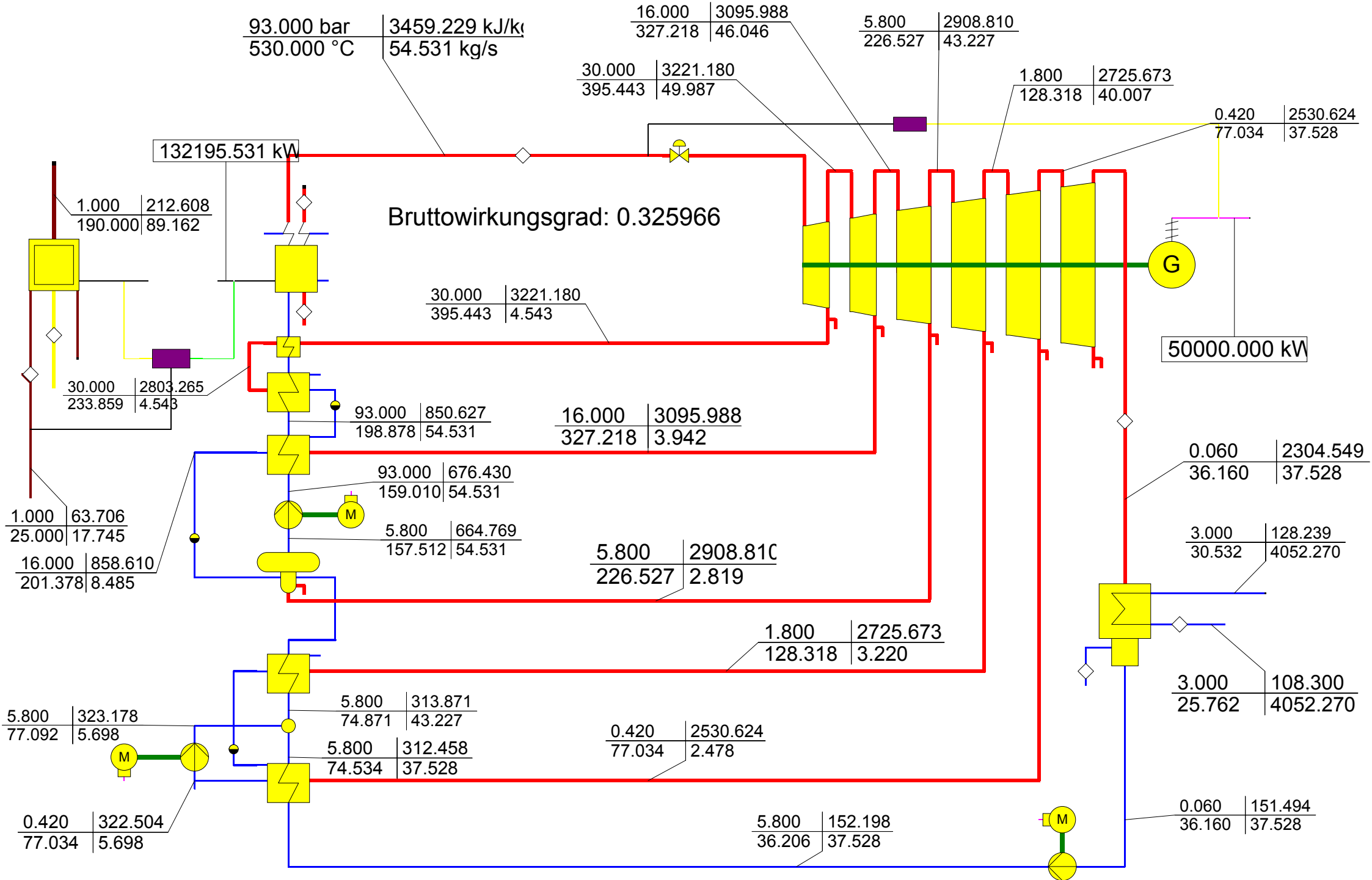
Was wird mit einem solchen Praktikum erreicht :

- 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 nicht durchführbar
... Gefühl für Einfluß verschiedener Größen



Weitergehende Nutzung von Epsilon in Belegen

- Beleg im Fach Kraftwerkstechnik (Prof. Wierick)
 - Wärmetechnische Auslegung eines Kondensationskraftwerkblockes
insbesondere: Gestaltung der Vorwärmsäule ([Schaltbild](#))
 - davon ausgehend
 - Variierung der Schaltung
 - Parametervariation
 - Teillastrechnungen
- weitere Belege
 - GuD- und Kombikraftwerke
 - BHKW



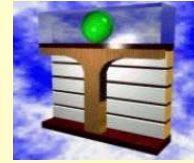
Belegaufgabe im Fach Kraftwerkstechnik
50-MW-Block



Stoffwertbibliotheken für Epsilon

Wasser und Wasserdampf LibIF97

- Industrie-Formulation IAPWS-IF97 (Epsilon 2000)
- Ergänzender Standard IAPWS-2001
Gleichungen für Umkehrfunktionen $p(h,s)$ und $T(h,s)$ für Wasserflüssigkeit und Wasserdampf (Epsilon 2002)
- In Evaluierungsphase seit IAPWS-Meeting 2002 (Annahme 2003 geplant)
Gleichungen für Umkehrfunktionen $T(p,h)$, $v(p,h)$, $T(p,s)$ und $v(p,s)$ für kritisches und überkritisches Gebiet
- In Vorbereitung für IAPWS-Meeting 2003 (Annahme 2004 geplant)
Gleichungen $v(p,T)$ und $T(h,s)$, $v(h,s)$ für kritisches und überkritisches Gebiet



Gasgemische und Verbrennungsgase

Ideales Gasgemisch LibIDGAS

Berechnung als ideales Gemisch
idealer Gase:

CO₂
H₂O
N₂
O₂
Ar
SO₂
CO
Ne

neue VDI-Richtlinie 4670

Berücksichtigung von:

- $c_p = f(T)$
- Dissoziation oberhalb 1000°C

Anwendbarkeit bis zu 10 bar und 1800°C

Ideales Gemisch realer Fluide LibHuGas

Berechnung als ideales Gemisch der realen
Fluide:

CO₂ - Span und Wagner
H₂O - IAPWS-95
N₂ - Span et al.
O₂ - Schmidt und Wagner
Ar - Tegeler et al.

und der idealen Gase:

SO₂
CO
Ne } wissenschaftlicher Standard

Berücksichtigung von:

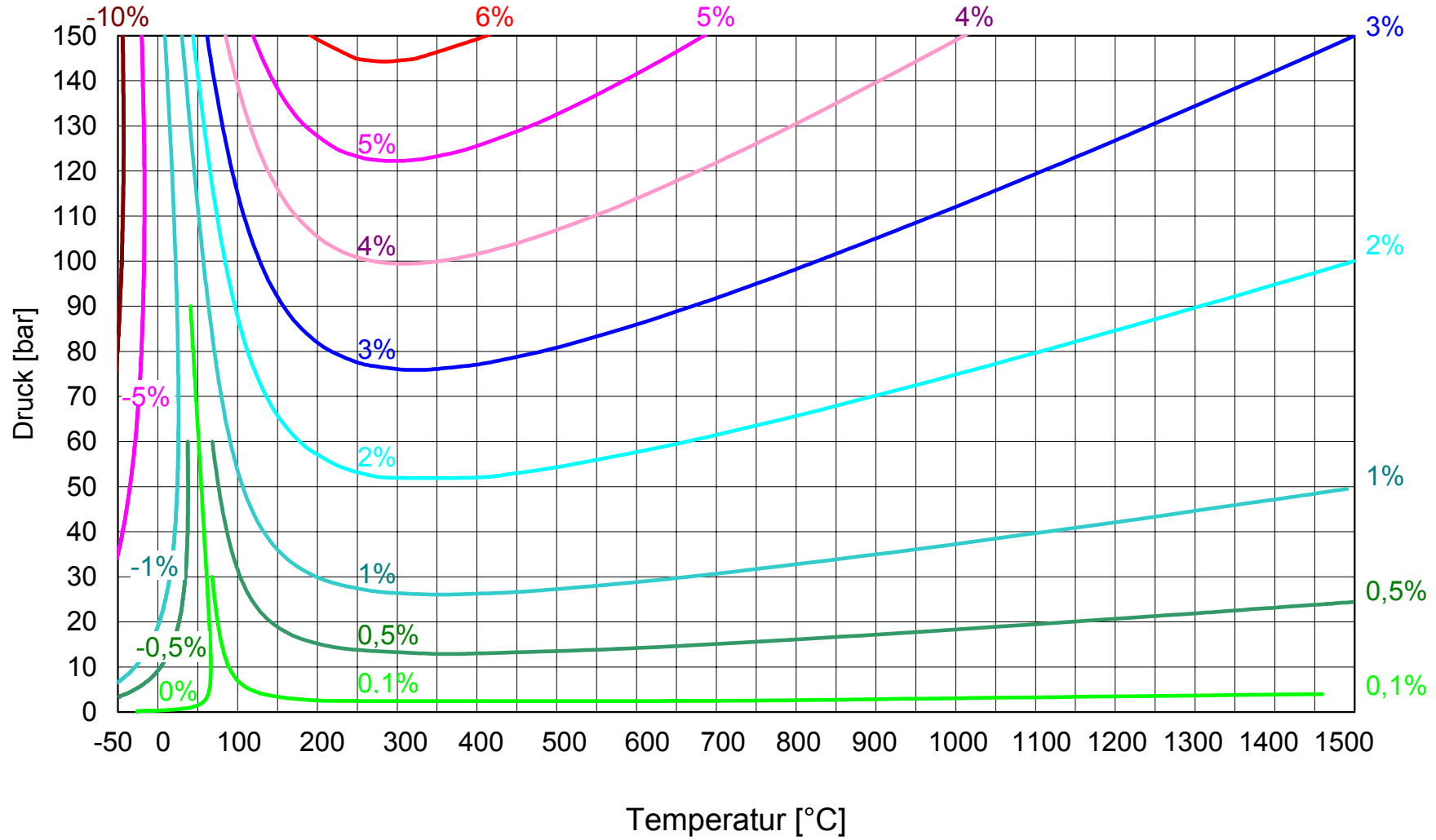
- $c_p = f(p, T)$ Realgasverhalten
- Dissoziation oberhalb 1000°C
- Poynting-Effekt

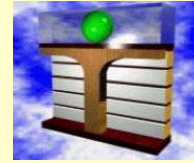
[Bsp.1 Dichte](#)

[Bsp.2 \$c_p\$](#)

Anwendbarkeit bis zu 160 bar und 1800°C

Einfluß des Realgasverhaltens auf die Dichte ρ von Luft





Feuchte Luft

Ideales Gasgemisch LibFLUFT

Berechnung als ideales Gemisch idealer Gase

- trockene Luft - VDI-Richtlinie 4670
- Wasserdampf - VDI-Richtlinie 4670
- Wasserflüssigkeit - IAPWS-IF97
- Wassereis - Wexler et al.

Berücksichtigung von:

- $c_p = f(T)$
- Dissoziation oberhalb 1000°C



Anwendbarkeit bis zu 10 bar und 1800°C

Ideales Gemisch realer Fluide LibHuAir

Berechnung als ideales Gemisch der realen Fluide:

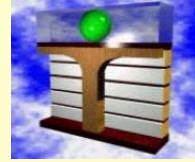
- trockene Luft - Lemmon et al.
- Wasserdampf und Wasserflüssigkeit - IAPWS-IF97
- Wassereis - Wexler et al.

Berücksichtigung von:

- $c_p = f(p, T)$ Realgasverhalten
- Dissoziation oberhalb 1000°C
- Poynting-Effekt



Anwendbarkeit bis zu 1000 bar und 1800°C



Schlußfolgerungen

- Epsilon - außerordentlich gut geeignet für Ausbildung
- Epsilon - ausgerüstet mit genauester Stoffwertberechnung
- Stoffwertprogrammbibliotheken verfügbar für:
 - Wasser und Wasserdampf
 - Verbrennungsgasgemische
 - feuchte Luft

für Excel[®] und Mathcad[®]