

## Inhaltsübersicht zu den Lehrveranstaltungen

### RET – Studiengang „Regenerative Energietechnik“

RET4 Kraft- und Arbeitsmaschinen

### SNL - Studiengang „Seeverkehr, Nautik und Logistik“

SNL4 Schiffstechnik/Schiffsbetriebstechnik

SNL5 Schiffstechnik/Schiffsbetrieb Systemüberwachung

### Studiengänge „Schiffstechnik“ = SBT „Schiffsbetriebstechnik“ + SMB „Schiffsmaschinenbau“

SBT4 Betriebstechnik/Instandhaltung

SBT4/SMB5 Betriebstechnik/Betriebsstoffe

SBT5/SMB4 Dampftechnik II

SBT 5/SMB4 Arbeitsmaschinen I

SBT 6/SMB5 Arbeitsmaschinen II

SBT 7 Anlagentechnik

SBT 7/ SMB6 Schiffsmaschinensimulation

### HAW Hamburg (bis 2010)

Fluidtechnik

Erneuerbare Energiesysteme

## Kraft- und Arbeitsmaschinen

### Hubkolbenmaschine als (Verbrennungs-)Kraftmaschine:

- 1.1 Einführung: Def. und Beispiele für Kraft- und Arbeitsmaschinen im Bereich der regenerativen Energietechnik (Solar-, Wasser-, Wind-, Geothermie- und Biomassekraftwerke...)
- 1.2 Definitionen und Geometrie, Wirkungsgrad der Hubkolbenmaschine, 2-Takt/4-Taktverfahren (OTTO-, DIESEL- und Biogasmotoren...), Biokraftstoffe, Vergleichsprozesse (Gleichraum-/SEILIGER)
- 1.3 Mitteldruck, Leistung, mittlere Kolbengeschwindigkeit, Kolbenflächenleistung
- 1.4 Wirkungsgraddefinitionen, spez. Kraftstoffverbrauch
- 1.5 Motorkennfeld, Betriebslinie, Reibungsverluste
- 1.6 Kraftstoffe und Gemischbildung, (Verbrennungs-)Luftverhältnis, Liefergrad, Luftaufwand
- 1.7 Interne und externe Gemischbildung bei Otto- und Dieselmotor, Gemischbildungsreinrichtungen, Qualitäts- und Quantitätsregelung; 2-Takt- und 4-Takt-Gaswechsel, Kennzahlen für die Qualität des Ladungswechsels (relative Gesamtladung, Spülgrad, Fanggrad)
- 1.8 Triebwerk und Massenkräfte; Kräfte, Momente und Kurbelstern 1. und 2. Ordnung, Tangentialkraftdiagramm

### Strömungsmaschine/Kreiselpumpe als Arbeitsmaschine:

- 2.1 Einführung in die Fluidmechanik
- 2.2 Einführung Pumpen, Impulssatz, Übung
- 2.3 Strömungs- und Geschwindigkeitsdreiecke, Übungsbeispiel
- 2.4 Pumpen- / Eulerhauptgleichung für Strömungsmaschinen, Drosselkurve/Pumpenkennfeld, Übungen Hauptgleichung und Strömungsdreiecke
- 2.5 Saugeverhalten, Kavitation

### Hubkolbenverdichter

- 3.1 Bauarten (Hubkolberverdichter etc.),
- 3.2 Thermodynamische Zustandsänderungen und Kennfelder; Beispiele: Kolbenverdichter, Turboverdichter
- 3.3 Massenbilanz, Liefergrad, Schadraum,
- 3.4 Gasgemische, feuchte Luft, Kondensatausfall
- 3.5 mehrstufige Verdichtung

### Abgasturboaufladung (als thermische Strömungsmaschine)

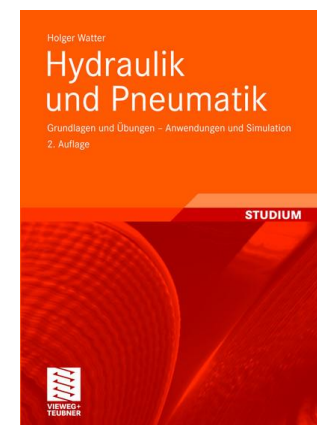
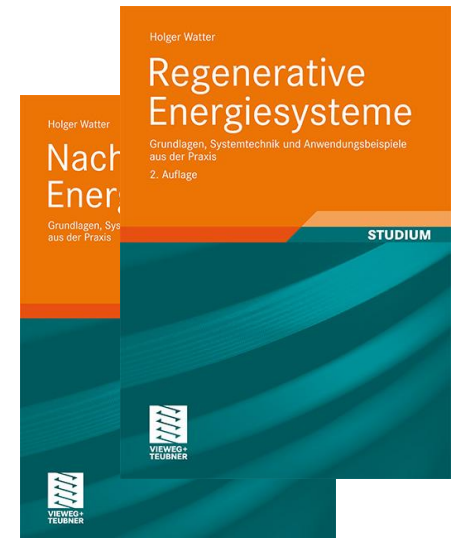
- 4.1 Kompression und Expansion im h-s-Diagramm
- 4.2 Turbinen- und Motorschlucklinie (Zusammenwirkungen Motor- und Turbolader)
- 4.3 Leistungsbilanz (Freilauf-/BÜCHI-Bedingung)
- 4.4 Reaktionsgrad: Gleichdruck-/Überdruckbeschauelung

### Windkraftanlagen (als dynamische Strömungsmaschine)

- 5.1 Grundlagen der einfachen Strahltheorie, Leistungsbeiwert: Widerstandsprinzip, Auftriebsprinzip
- 5.2 Auftriebs- und Widerstandsbeiwert, Profilpolare, Tragflügelprofile, Leistungsprognose
- 5.3 Kleinstwindkraftanlagen: DARRIEUS- und SAVONIUS-Rotor
- 5.4 Windverteilung und mechanische Beanspruchungen

### Energie aus Biomasse mit dem STIRLING-Motor

- 6.0 STIRLING-Motor (Aufbau, Funktion, Wirkungsweise)



## Schiffstechnik für Nautiker

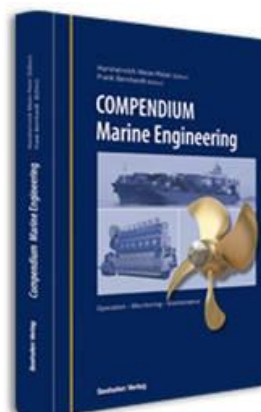
### 1. Schiffsbetriebstechnik – SNL4 – 2 SWS:

Systemkreisläufe SES 4000, Bezeichnungen und Nomenklatur, Kraft- und Brennstoffe (Verbr.-Rechnung,  $L_{min}$ ,  $H_u$ , Heizerformel), ISO 8217, Dichte, Viskosität, Heizwert, Zündeigenschaften, Kraftstoffsystem, Motorgeometrie, Wirkungsgrad, p-V-Diagr., be, mittl. Kolbengeschw., Nutzmittel-druck, Komponenten und Bauteile: Kolben, Laubbuchse, Ventil, Zylinderdeckel, Ladungswechselorgane; Einspritzung, Aufladung, ATL-Pumpen und Motordrückung, Massenkräfte, Lagerschäden, Zusammenwirkungen Motor + Propeller / Motor + Generator.

### 2. Systemüberwachung – SNL5 – 2 SWS:

Luftverdichter, Leistungsbilanz, feuchte Luft, Kreiselpumpe, Eulergleichung, Pumpenkennlinie, Verluste in Rohrleitungen, Ig-p-h-Diagramm für Kältemittel, Betriebsstoffe: Kesselwasserpflge, Trinkwasseranforderungen und -pflge, Schmierölanforderungen und -aufbereitung (2Takt - 4Takt), Brennstoffaufbereitungssystem (HFO, MDO); Hilfsmaschinen: Kreiselpumpen (Betriebscharakteristik), Kolbenpumpen (Aufbau- und Betriebsverhalten), Exzentrerschneckenpumpen (Aufbau- und Betriebsverhalten), Druckluftverdichter und Druckluftsystem, Proviantkälteanlage, Ladungskühlanlage auf einem Gastanker, Raumluft- und Klimaanlage, h-X-Diagr., feuchte Luft, Systemaufbau und Überwachung, Ig-p-h-Diagr., Ruderanlage: Systemaufbau und Redundanzanforderungen; Trenn- und Aufbereitungsanlagen: Separator, Bilgenwasserentöler, Frischwassererzeuger, Ballastwasser-aufbereitung, Dampf- und Wärmeübertragungssysteme, Elektrotechnik: Bornetz und Energieverteilung, Inbetriebnahme und Synchronisation, Mittelspannungsanlagen

### Literaturempfehlung:



**Laborübung:** 3-D-Simulation und CBTs zur Schiffstechnik  
[http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)

## Betriebstechnik/Instandhaltung – 1 SWS + 3 SWS Labor – 4. Sem.

**Fächerübergreifendes Seminar** zu den Lehrinhalten aus allen technischen Fachgebieten. Die Technische Betriebsführung, Überwachung, Instandhaltung wird anhand ausgewählter exemplarischer Anlagen aufgearbeitet.

1. **Instandhaltungsplanung:** Vorschriften (STCW, §3 Schiffsicherheitsgesetz, ISM-Code, Planned Maintenance System - PMS), Grundlagen der Instandhaltung (DIN 31051)
2. **Schadensanalyse:** Ablauf der Schadensanalyse (VDI 3822, Blatt 1), Schäden durch mechanische Beanspruchungen (VDI 3822 Blatt 2), Schäden durch Korrosion in wässrigen Medien (VDI 3822 Blatt 3), Schäden durch thermische Beanspruchungen (VDI 3822 Blatt 4), Schäden durch tribologische Beanspruchungen (VDI 3822 Blatt 5)
3. **Nutzwertanalyse:** Die Nutzwertanalyse (NWA; auch Punktwertverfahren, Punktbewertungsverfahren oder Scoring-Modell genannt) gehört zu den quantitativen nicht-monetären Analysemethoden der Entscheidungstheorie. ZANGEMEISTER<sup>1</sup> als einer der frühen deutschen Vertreter definiert sie als eine „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung der Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen.“ Eine NWA wird häufig erstellt, wenn „weiche“ – also in Geldwert oder Zahlen nicht darstellbare – Kriterien vorliegen, anhand derer zwischen verschiedenen Alternativen eine Entscheidung gefällt werden muss. Anwendungsbeispiel: Nutzwertanalyse internationaler Umweltvorschriften.
4. **Exemplarische Beispiele** (Dichtungen, Gleitlager, Wälzlager, Kolben, Kolbenringe, Laufbuchse, Zylinderdeckel, Ventile und Ventiltrieb, Kurbelwelle, Verbrennung und Einspritzung, Getriebe, Korrosion in Kessel und Rohrleitungen, Simulationsuntersuchungen, Schwingungsanalyse, Analyse von Abriebpartikeln, Endoskopie...), Verbindungstechnik/Schraubenverbindungen, Sensortechnik (Druck-, Temp., Kraft- und Drehmomentmessung und –kalibrierung).
5. **Drehschwingungsanalyse:** Torsionsschwingungen, Schwingungsdifferentialgleichung der freien und erzwungenen Schwingung, Lösung durch numerische Simulationsrechnung, vereinfachter 3-Massen-Schwinger, vereinfachtes Motormodell (Anlaufzeitkonstante), Getriebeübersetzung und Getriebeschäden, dynamisches Übertragungsverhalten, Ersatzmodellbildung 2-Massenschwinger, Schwingungsdifferentialgleichung des Maschinensatzes, erzwungene Schwingungen und kritische Drehzahlen, verfeinertes Motormodell
6. **Instandhaltungslabor** (Dipl.-Ing. Tove Möller):
  - 5.1 Kontrolle der Kurbelwangenatmung, (Kurbelwangenatmung am Deutz VM 545, 6 Zylinder),
  - 5.2 Untersuchung einer Kraftstoffeinspritzpumpe (Bestimmung von Förderbeginn, -ende, -menge und Nockenform)
  - 5.3 Demontage und Montage eines Turboladers (Turbolader von ABB, VTR 354)
  - 5.4 Verschleißmessungen an den Hauptbauteilen eines Triebwerks (Verschleißmessungen an Laufbuchsen, Kolben und Kolbenringen)
  - 5.5 CBT: [http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)

<sup>1</sup> Auszug aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nutzwertanalyse>

**Literaturempfehlung:**

- [1] Bartz et al: Frühdiagnose von Schäden an Maschinen und Maschinenanlagen – Moderne Verfahren zur Diagnose und Analyse, Expert-Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1988.
- [2] Bartz et al: Schäden an geschmierten Maschinenelementen: Gleitlager, Wälzlager, Zahnräder, Expert-Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1992.
- [3] Broichhausen, J.: Schadensanalyse – Analyse und Vermeidung von Schäden in Konstruktion, Fertigung und Betrieb, Hanser-Verlag, München, Wien, 1985.
- [4] [www.fachwissen-dichtungstechnik.de](http://www.fachwissen-dichtungstechnik.de) (Stand 2010).
- [5] VDMA-Schadensatlas Dichtungstechnik & Lehrunterlagen
- [6] VDI 3822: Schadensanalyse (Blatt 1 bis 5)

Vgl. auch Lehrunterlagen: Betriebsstoffe, Arbeitsmaschinen und Anlagen, Schiffsmaschinensimulation unter [www.fh-flensburg.de/watter/lehre.htm](http://www.fh-flensburg.de/watter/lehre.htm)

## Betriebstechnik/Betriebsstoffe - 4 SWS – 5. Sem.

### 1. Kraft- und Schmierstoffe

- 1.1 **Grundlagen der organischen Chemie:** betriebliche Eigenschaften der Paraffine, Olefine, Napthene, Aromate, Substitute, funktionelle Gruppen, Derivate, Polymerisation.
- 1.2 **Erdölaufbereitung:** Einfluss von Provenienz und Destillation/Raffination auf Schifffahrtsbrennstoffe; Destillationsverfahren, Siedekurve; Produkteigenschaften von Benzin, Diesel, Bitume, Asphaltene, Maltene, Mizellen, Spurenelemente
- 1.3 **Physikalische, chemische und technologische Eigenschaften der Kraft- und Schmierstoffe**
  - 1.3.1. **Physikalische Eigenschaften:** Farbe (ISO 2049), Dichte (DIN 51 757), Specific-Gravity, API-Grad, Dichte-Temperatur- und Dichte-Druckverhalten (Kompressibilität  $K = 14.000\text{bar}$ )
  - 1.3.2. Viskosität (DIN 51 562): Zähigkeit (Viskosität) / Viskositätsindex VI , Viskositäts-Temperatur- und Viskositätsdruckverhalten, Viskositätsmessung
  - 1.3.3. Trübungspunkt (Cloud point) (ISO 3015), Stockpunkt (Pourpoint) (ISO 3016), Flammpunkt/Brennpunkt (ISO 2592), Verdampfungsverlust (DIN 51 581),
  - 1.3.4. **Fette:** Scheinbare Viskosität, Fließverhalten, Gehalt an Feststoffen und Festschmierstoffen (DIN 51 831), Tropfpunkt (ISO 2176), Penetration (ISO 2137);
  - 1.3.5. **Chemische Eigenschaften:** Asche bzw. Oxidasche, Sulfatasche, Asphaltengehalt (DIN 51 595), Verkokungsneigung (DIN 51 352), Oxidations- und Alterungsbeständigkeit (DIN 51 554), Hochtemperaturkorrosion (HTK), Asphaltgehalt, Verkokungsneigung CCR, Alterung, „Insolubles“ (unlösliche Bestandteile), Wassergehalt, Salzgehalt, Anillinpunkt;
  - 1.3.6. Neutralisation von Säuren: Neutralisationszahl NZ / TAN (DIN 51 558), (Total-)Base-Number (T)BN/ Basenzahl (ISO 3771), Verseifungszahl VZ (DIN 51 559), Titrationsverfahren, Massenwirkungsgesetz
  - 1.3.7. **Technologische Eigenschaften:** Wasserabscheidungsvermögen (DIN 51 589), Luftabscheidungsvermögen (DIN 51 381), Rostschutzverhalten (gegenüber Stahl) (DIN 51 585), Korrosionsschutzverhalten (gegenüber Kupfer) (DIN 51 759), Freß- und Verschleißschutzverhalten (Vierkugelapparat) (DIN 51 350), Verschleißverhalten (Flügelzellenpumpe) (DIN 51 389), Freß- und Verschleißschutzverhalten (FZG-Verspannungsprüfstand) (DIN 51 354), Scherstabilität (DIN 51 382)
- 1.4 **Schifffahrtsbrennstoffe:** ISO 8217, MDO, MGO, DMx, RMx, IFO; mögliche Betriebsstörungen und Problemfelder, DNV Training Video: Marine Fuel Management (Brennstoffübernahme, repräsentative Probe, Bunker Delivery Report), Gefährdungsbeurteilung (MSDS = Material Safety Data Sheets – Health, Safety and Environmental Data)
  - 1.4.1. Mischungsregeln für Betriebsstoffe, Unverträglichkeit, Tüpfelprobe, Umstellen HFO – MDO, Homogenisator, Zeitverlauf der Mischung (Ballastwasser, Umstellvorgang auf niedrigen Schwefelgehalt etc.) – Simulation in MATLAB SIMULINK und in EXCEL.
  - 1.4.2. Verbrennungs- und Zündeigenschaften: Gemischbildung, Verbrennung / Verbrennungsrechnung, Heizwert, Zündverhalten, CCAI, CII, Ölnebel/Triebräumexplosion, Explosionsgefahr im Tankraum
  - 1.4.3. Ausgewählte Betriebsstörungen: Niedertemperaturkorrosion (NTK), Laufbuchsenverlackung, Hochtemperaturkorrosion (HTK), mikrobiologischer Befall

## 1.5 Schmierstoffe:

- 1.5.1. **Grundlagen der Tribologie** (Reibung & Verschleiß, Stribek-Kurve, Passungsrost), Gleitlagerbelastung, SOMMERFELD-Zahl, **Grundlagen der Additivierung**: Alkylgruppe, Alkanole, Glykole, Phenole, Alkanale, ein- und mehrwertige Alkansäuren (Carbonsäuren), aromatische Säuren, Ester, Seife, Substitute und funktionelle Gruppen
- 1.5.2. Mineralölbasische Schmierstoffe: Anforderungen, Raffination,
- 1.5.3. Synthetische Schmierstoffe: Einsatzbereiche, Sorten, Eigenschaften
- 1.5.4. Biologisch-schnell-abbaubare Schmierstoffe (LLINCWA): Eigenschaften, Einsatzbereiche
- 1.5.5. Additivierung: Detergentien, Dispersantien, Antioxidantien, Verschleißschutzadditive, EP/AW-Additive, Friction-Modifier, Korrosionsschutzadditive, VI-Verbesserer, Anti-Schaum-Additive, Stockpunkt- und Pourpoint-Verbesserer
- 1.5.6. Normung (SAE, API, ISO VG, ...) und Schmieröluntersuchungen; Wassergehalt im Schmieröl

## 2. Wasserpflege:

- 2.1 **Wasserarten und -eigenschaften**: Härte, pH-Wert, Säuren- und Basenkonstante, Säurekapazität, Löslichkeit von Salzen, Löslichkeit von Gips (Kesselstein, Kalk-Kohlensäuregleichgewicht), Kieselsäure, Organische Verunreinigungen (Fett, Öl), Löslichkeit von Gasen, elektr. Leitfähigkeit, Wassereigenschaften bei Verdampfung und Umkehrosmose.
- 2.2 **Kesselwasser**: Einfluss von Verunreinigungen, Wasserqualität, Anforderungen an das Kessel- und Speisewasser, Wasseranalyse, **Wasseraufbereitung und Konditionierung**: Filtration, Flockung, Entsäuerung, Enteisung und Entmanganung, Ionenaustauscher, Enthärtung, Entcarbonisierung, Entsalzung, Entgasung, Alkalisierung, Antischaummittel, Filmbildner, Störungs-beseitigung.
- 2.3 **Motorkühlwasserpflege**
- 2.4 **Einführung in die Elektrochemie**: Ionisierungsenergie, Elektronennegativität, Reaktionsenthalpie, Standardbildungsenthalpie, GIBBSche Energie, elektrochemisches Potential, elektrochemische Spannungsreihe, galvanische Zelle. **Akkumulatorenflüssigkeit**: Bleiakumulatoren, NiCd-Batterien, Li-Ion-Akku, Gefährdungen durch Batterieflüssigkeiten, technische Anforderungen (GL Kap. 3 Abschn. 2).
- 2.5 **Korrosion**: VAN'T HOFFsches Reaktionsgesetz, Einfluss der Temperatur auf den Korrosionsvorgang, Wasserstoff-/Säurekorrosion, Sauerstoffkorrosion/Stillstandskorrosion, Redoxreaktionen, On-Load-Korrosion, Heißdampfoxidation (Magnetit-Schicht), Spannungsrißkorrosion, Erosion, Korrosion durch galvanische Ströme/elektrochemische Spannungsreihe
- 2.6 **Ausblick**: Galvanische Zelle (Batterie, **Brennstoffzelle und Elektrolyse**); Brennstoffzellensysteme: Energieumsetzung, Wirkungsgrad, Potentiale.

## Labor:

1. **Öllabor** (Dipl.-Ing. Blawatt; Tel. 1263; Gebäude B; Raum B225): Versuch 1: Herstellung von Biodiesel; Bestimmung freier Fettsäuren in Pflanzenölen, Vergleich der Viskosität von Dieselöl, Biodiesel und Pflanzenöl; Versuch 2: Abhängigkeit der Viskosität von Scherkräften bei Motoren- und Getriebeölen (Newtonsche und Nichtnewtonsche Flüssigkeiten); Versuch 3: Bestimmung des Schwefelgehalts im Schweröl.
2. **Labor Kielseng 15a** (Frau Nissen; Tel. 0461-48089714): Versuch 1: Flammpunkt, Brennpunkt, Selbstentzündung; Versuch 2: Dichte-Temperatur-Abhängigkeit; Versuch 3: Wassergehalt in Öl.
3. **Wasserlabor** (Dipl.-Ing. Stert; Tel. 1281, Gebäude B; Raum B213): Versuch 1: Bestimmung des gelösten Sauerstoffes (Iodometrische Titration); Versuch 2: Bestimmung der Carbonathärte; Versuch 3: Bestimmung der Gesamthärte; Versuch 4: Säure-Base-Titrationen.



## Dampftechnik – 5. SBT – 2 SWS

### 1. Schiffsdampfsysteme

- Elemente des Kreislaufs (Kondensator, Turbine, Wärmeübertrager....)
- Prozessvarianten (Kombi-Prozesse, Turbogenerator, Kernenergie....)
- Rohrleitungssysteme (Dampf-, Kondensatleitungen, Kondensatableiter ... Dimensionierung Festigkeit und Strömungszustand, Nachverdampfung ....)

### 2. Schiffsdampfkessel

- Aufbau und Funktionsweise verschiedener Dampferzeugertypen
- Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmeübergang
- Rauchrohrkessel, Wasserrohrkessel: Naturumlauf, Zwangsumlauf, Zwangsdurchlauf
- Strahlungs- und Konvektionsflächen
- Regelung der Überhitzeraustrittstemp.
- Rippenrohr, Gattrohr
- Korrosion; Rohrbefestigungen; Kombikessel; Verschmutzungen
- Kesselausrüstung; Sicherheitseinrichtungen und –maßnahmen an Dampferzeugern und Feuerungen, wie Flammenüberwachung, Mess- und Regeleinrichtungen
- Kondensatableiter

### 3. Feuerungstechnik

- Aufbau und Funktionsweise von technischen Brennern
- Technischer Betrieb von Feuerungen

### 4. Betrieb von Schiffdampfanlagen

- Anfahren, Stillstand, Schwachlast, Vollast
- Abschlämmen
- Abschalten
- Besichtigungen und Prüfungen
- Schadensbeispiele
- Korrosion (wasser- und rauchgasseitig)
- Abgaskesselbrand
- Instandhaltung und Pflege

### 5. Dampfturbinen

- Übersicht über Dampfturbinen
- Dampfturbinenbauarten
- Dampfturbinenbetrieb

**Labor:** Kesselsimulator/Brennersicherheitskette  
Werft-/Kraftwerksbesuch

CBT: [http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)

- Auxiliary Steam Boiler Installation
- Steam Turbine System
- Comb. Oil Fired and Exhaust Gas Boiler
- Marine Heat Exchangers

## Arbeitsmaschinen I – 4 SWS – 5 Sem.

### 1. Kreiselpumpen

- 1.1 Strömungstechnische Grundlagen (Bernoulli, Energie), Übungen
- 1.2 Einführung Pumpen, Impulssatz, Übung
- 1.3 Strömungs- und Geschwindigkeitsdreiecke, Übungsbeispiel
- 1.4 Pumpen- / Eulerhauptgleichung für Strömungsmaschinen, Drosselkurve/Pumpenkennfeld, Übungen Hauptgleichung und Strömungsdreiecke
- 1.5 Ähnlichkeitsgesetze und dimensionslose Kennzahlen (spez. Drehzahl), Laufradgeometrie, Übungen
- 1.6 Bauformen, Laufradgeometrie, Betriebsparameter, Übungen
- 1.7 Saugverhalten, Kavitation, NPSH, Übungen
- 1.8 Kenndaten und Kennfelder von Kreiselpumpen, Anlagenkennlinie / Pumpenkennlinie, Anpassung der Pumpe an die Anlage, Reihenschaltung / Parallelschaltung von Pumpen, frequenzge-regelte Pumpen, Übungen
- 1.9 Labor (*Dipl.-Ing. Tove Möller*)
  - 1.9.1 Untersuchung von Kreiselpumpen, NPSH-Kreiselpumpe
  - 1.9.2 Untersuchungen an Wasserturbinen (Francisturbine): Bestimmung des optimalen Betriebspunktes bezogen auf Volumenstrom und Fallhöhe
- 1.10 Semesterarbeit: Simulationsuntersuchungen von dyn. Vorgängen in Rohrleitungssystemen.

### 2. Rohrleitungssysteme

- 2.1 Kennzeichnung, Symbole, Dimensionierung (Festigkeit, Kesselformel, Vergleichsspannung, MOHRscher Spannungskreis; strömungstechnische Dimensionierung (REYNOLDS-Zahl, Widerstände von Einbauten und geraden Rohren, Druckverluste (Anlagenkennlinie), Rauigkeit, Verlustbeiwerte, verzweigte Systeme und deren Einfluss auf das Betriebsverhalten, Korrosion durch galvanische Ströme/elektrochemische Spannungsreihe
- 2.2 Förderung viskoser Flüssigkeiten (Schweröl), Förderung von Flüssigkeits-Gas-Gemischen (Abwasseranlage)
- 2.3 **Schwingungen und Resonanz:** Fluiddynamik bei Gasen und Flüssigkeiten (Joukowsky-Stoß), Schwingungen von Platten und Rohrleitungen (Axialschwingungen, Biegeschwingungen, mathematische Beschreibung von Schwingungen, Lösung der Schwingungsdgl., Dämpfung),
- 2.4 Labor (*Dipl.-Ing. Tove Möller*)
  - 2.4.1 Rohrströmungen: Strömungsuntersuchungen in Rohrleitungsanlagen (Widerstandsbeiwerte für Bögen, Winkel, glattes und raues Rohr und Aufnahme einer Ventilkennlinie)
  - 2.4.2 Krafteinwirkung auf umströmte Körper (Messungen im Windkanal: Widerstandsbeiwerte div. geometrischer Körper, Widerstands- und Auftriebskraft eines Tragflügelprofils, Magnuseffekt)

## Arbeitsmaschinen II – 2 SWS + 2 SWS Labor - 6 Sem.

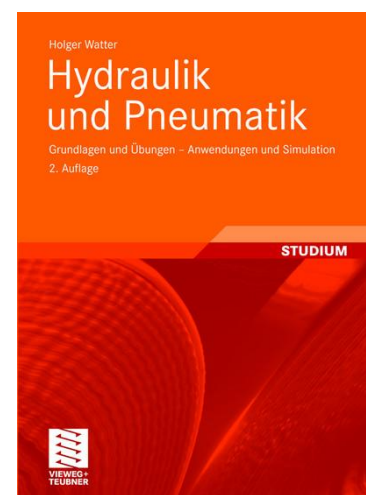
### 3. Verdrängerpumpen und Hydraulik

- 3.1 Bauarten (Kolbenpumpe, Exzentrerschneckenpumpe, Rootspumpe etc.), Symbole gem. DIN 2481 (Wärmekraftanlagen) und DIN 24300 (Hydraulik),
- 3.2 Betriebsverhalten von Verdrängerpumpen, Anlagen- und Pumpenkennlinie, p-V-Diagramm, Windkessel, Verluste (dynamische Einflüsse, Beschleunigungsverluste u.a.)
- 3.3 **Hydraulische Anlagen:** Trägheitswirkung, Kompressibilität, Leckverluste,
- 3.4 Hydraulische Komponenten: Ventile und Zubehör, Funktionsanalyse
- 3.5 Hydraulische Steuerungen und Regelungskonzepte: Konstant-Stromschaltung, Konstantdruck-Schaltung (Druckabschneidung, Druckregelung, Nullhubregelung, Load-Sensing (Last-Druckmeldesystem), Leistungsregelung,
- 3.6 Seegangskompensation; Sekundärregelung
- 3.7 Beispielhafte Hydrauliksysteme: Bugstrahler, Ruderanlage, Verstellpropelleranlage, Störungsbeispiele (Hydraulische Verblockung, Fehlerbaumanalyse nach DIN 40.700, DNV-Casualty Information)
- 3.8 Labor (*Dipl.-Ing. Tove Möller*)
  - 3.8.1 Untersuchungen an einem Hydraulikstand (Aufbau zweier Schaltungen und Fehlersuche)

### 4. Verdichter und Pneumatik

- 4.1 Bauarten (Hubkolberverdichter etc.),
- 4.2 Thermodynamische Zustandsänderungen und Kennfelder; Beispiele: Kolbenverdichter, Turboverdichter
- 4.3 Massenbilanz, Liefergrad, Schadraum,
- 4.4 Gasmische, Feuchte Luft, Kondensatausfall
- 4.5 mehrstufige Verdichtung,
- 4.6 **Pneumatische Elemente,** Ventilbauarten, Betriebscharakteristik, Blendengleichung
- 4.7 Beispielhafte Druckluftsysteme: Anlassluft, Steuerluft, Störungsbeispiele (*DNV-Casualty Information*)
- 4.8 Labor (*Dipl.-Ing. Tove Möller*)
  - 4.8.1 Untersuchungen an einem Axialventilator (Ermittlung von Anlagen- und Ventilator Kennlinien, Geschwindigkeitsdreiecke, Aufnahme eines Strömungsprofils)
  - 4.8.2 Untersuchungen an einem Hubkolbenverdichter (p-V-Diagramme, Ermittlung von Wirkungs-, Füllungs-, und Liefergrad)
  - 4.8.3 CBT: [http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)
    - C.P.Propeller Installation
    - Fixed Delivery Pump Steering Gear Inst.
    - Variable Delivery Pump Steering Gear
    - Marine Pumps

### Literaturempfehlung:



## Anlagentechnik – 2 SWS + 2 SWS Labor – 7. Sem.

### 5. Kälteanlagen

- 5.1 Thermodynamik der Kälteerzeugung, CARNOT-Prozess, Zustandsänderungen, Leistungszahl, Wärmeübertragung, Kompression, lg p-h-Diagramm, Anfahren der Anlage
- 5.2 Marktgängige Kältemittel und Alternativkältemittel, ODP, GWP, TEWI, *GL-Klassevorschriften*, Eigenschaften der Kältemittel
- 5.3 Bauteile und Komponenten: Anlagenaufbau, Thermoexpansionsventil, Störungsbeispiele
- 5.4 Schaltungsvarianten: Einstufige und mehrstufige Prozesse, Steigerung der Leistungszahl durch Überhitzung, Unterkühlung, Problemfeld: Lagerung von Kühlcontainern unter Deck, Absorptionskälteanlage, Dampfstrahlkälteanlage
- 5.5 Rückverflüssigungsanlagen auf Gastankern
- 5.6 Übungen
- 5.7 Labor (*Dipl.-Ing. Tove Möller*)
  - 5.7.1 Kälteanlage: log p-h-Diagramm, Kälte- und Wärmeleistungszahl, Gütegrad

### 6. Klimaanlage

- 6.1 Grundaufbau von Klimaanlagen, Betriebszustände, Behaglichkeitsgebiete, Zug
- 6.2 Zustandänderungen der feuchten Luft (h-x-Diagramm),
- 6.3 Anlagentechnik, Sommer- und Winterbetrieb, Wartung und Betrieb, Übungen
- 6.4 Geräusche: dB, dB[A]

### 7. Trenn- und Aufbereitungsverfahren

- 7.1 Bauliche Maßnahmen auf Seeschiffen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Öl, Abwasser und Müll (Schiffssicherheitsabteilung D.16), Überblick Trenntechnik, **Setztankprinzip**
- 7.2 **Separatoren**: Funktionsweise, Separiertemperatur, Regulierscheibe, Greifer, Lage der Trennzone, Einfluss des Durchsatzes, Temperatur und Viskosität, Nenndurchsatz, Trennen-Klären, Schmierölseparation, mechanische Belastungen (Unwucht, biegekritische Drehzahl, Lagerbelastung durch Kreiselmomente)
- 7.3 **Entöler**: Verunreinigungen durch ölhaltige Abfälle, MARPOL Anl. I, Öltagebuch, MEPC. 107(49), Klassevorschriften, Tankanordnung, Abscheiderprinzipien, Koaleszenz, Emulsion und Emulsionsbrecher, 15 ppm Monitor (Streulichtverfahren/Trübung), Betriebserfahrungen und Betrieb, Port State Control, Herstellerbeispiele, Übung.
- 7.4 **Frischwassererzeuger**: Trinkwasseranforderungen, Entkeimung, Trinkwasseraufbereitung, Wassereigenschaften (Härte, Kalk-Kohlensäuregleichgewicht, Sättigungsindex (LDS), pH-Wert)
  - 7.4.1 Verdampferprinzip: Tauchrohrverdampfer, Sprühfilmverdampfer, Entspannungsverdampfer, Rising-Film-Evaporation, Multi-Stage-Evaporation, Multi-Effect-Evaporation, Plate-Type-Evaporation (Plattenwärmetauscher), Steuerung- und Regelung, Wartung, Betrieb, Instandhaltung, Übungen
  - 7.4.2 Umkehrosmose: Funktionsprinzip, Betriebsparameter, Wartung, Betrieb, Aufbau und Betriebsergebnisse einer Beispielanlage.
- 7.5 **Abwasseraufbereitungsanlagen**: Problembeschreibung, Abbaumechanismen, MARPOL Anl. IV; MEPC.2(IV) und MEPC.159(55), Schwarzwasser/Grauwasser, Beurteilungsparameter: CSB (COD), BSB (BOD), AFS (TSS), Kolibakterien, Anforderungen an Schiffsabwasseranlagen, Verfah-

rensbeschreibung (3-Kammerbauweise, Belebtschlammverfahren), Ultrafiltration, Wartung, Betrieb, Instandhaltung, ausgeführte Anlagenbeispiele

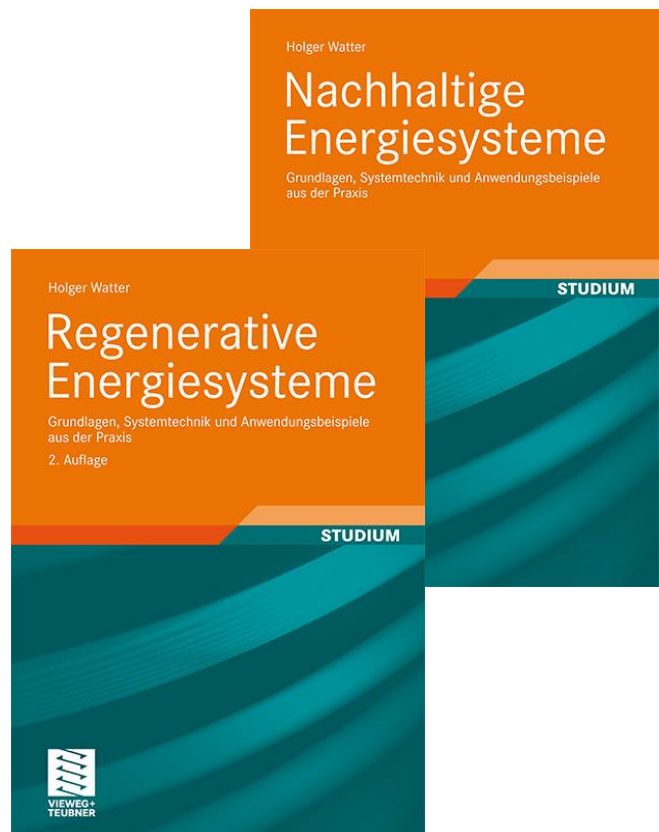
- 7.6 **Ballastwasserbehandlungsanlagen:** Problembeschreibung, Ballastwassersystem, Ballastwasserconvention, Ballast Water Exchange Standard (D1), Ballast Water Performance Standard (D2), Ballast Exchange Plan (BEP); Basic, Final and Type Approval, Prozessvarianten, Status/Ausblick, Anlagenbeispiele: MAHLE NFV, RWO, HAMANN, ALFA LAVAL, .....
- 7.7 **Filter:** Filterarten, -einbauorte, Filterfeinheit, Normung Filterfeinheit (Rückspül- Automatikfilter),
- 7.8 **Inertgas-Anlagen:** Tanker safty, Inertgassystem (Molekularsieb, Verbrennung); Inertgaserzeuger, Gaswäsche, -kühlung, -trocknung; Druckwechsellanlagen, Anlagenbeispiele
- 7.9 **Müllverbrennung:** MEPC.76(40) Incinerator, Hinweise zum Führen des Öltagebuches MEPC 61-7-1

### Laborübung:

CBT: [http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)

- Biological Sewage Treatment Plant
- Fuel Oil Treatment Plant
- Hydrophore Installation; Hydrophore Installation 3D
- Oily Water Separator
- Freshwater Generator; Freshwater Generator 3D
- Reverse Osmosis Desalination System
- Refrigeration Plant; Refrigeration Plant 3D
- S-type Separation System
- Fuel Conditioning Module 3D
- Marine Compressors
- Rotary Vane Steering Gear
- Marine Hydraulic Machinery
- Air Conditioning Plant 3D
- EcoStream

### Literaturempfehlung:



## Schiffsbetrieb - SES - 4 SWS - 7. Sem.

Der Schiffsmaschinensimulator SES 4000 (Ship Engine Simulator) bildet die wesentlichen Komponenten des technischen Schiffsbetriebes aus ca. 30 Subsystemen sowie deren Dynamik ab:

- Hauptmaschine (SULZER 5-RTA 84 C),
- Hilfsmaschinensysteme,
- Bordnetz mit Stromerzeugungs-, Verteilungs- und Verbrauchersystem,
- Mess-, Regelungs-, Überwachungs- und Automatisierungstechnik.

Einen Überblick über die Systemkreisläufe erhalten Sie über

[http://www.fh-flensburg.de/watter/SES\\_Systeme.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/SES_Systeme.pdf)

Alle entscheidenden Prozessvariablen werden visualisiert. Beim Simulationslauf

wird unter anderem ein virtueller Großdieselmotor betrieben und dessen Thermodynamik detailliert mittels eines Echtzeit-Rechenmodells nachgebildet. Durch die Veränderung von

- 1300 Festwertparametern und die Einbindung von
- 450 Störungsübungen

in technische Szenarien kann der routinierte Umgang mit Notfallsituationen sowie deren Auswirkungen auf andere Systeme exemplarisch untersucht werden. Durch die Vielzahl der Störungsbeispiele (Malfunction) und die Möglichkeit der Veränderungen von Festwertparametern (Parameter Overwrite) besitzt die Simulationsanlage eine hohe Flexibilität. Die Weiterbildungskurse an der Maschinensimulationsanlage werden daher in Abhängigkeit von der Zielgruppe kundenspezifisch zusammengestellt:

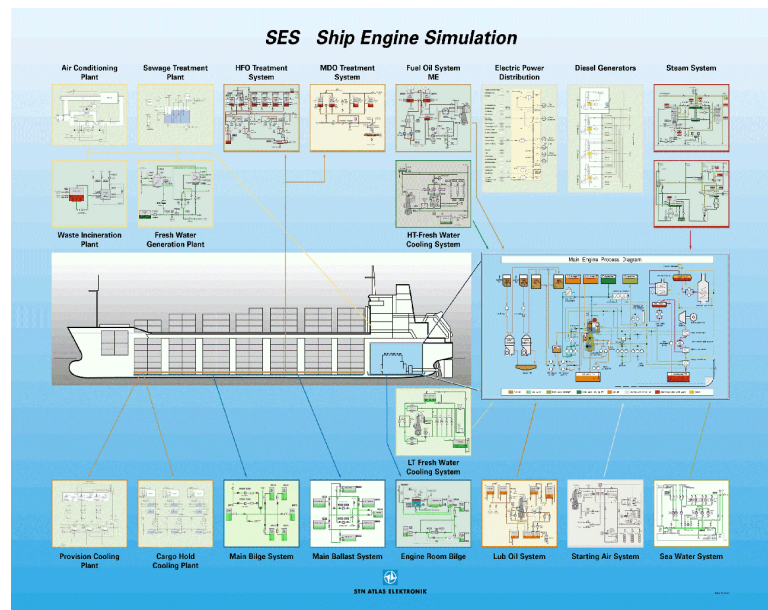
- IMO-Engine-Room Simulator Model-Course,
- Familiarizations-Course,
- Trouble-Shooting / Störungsübungen,
- Kennfeldsimulation und Parametervariationen.

Der Simulator verfügt über 2 Bediener-Arbeitsplätze und einen Instruktor-Arbeitsplatz, die alle gleichberechtigt auf das gleiche Simulationsmodell zurückgreifen. Es ist also eine gemeinsame Interaktion möglich und notwendig. Die Seminarteilnehmerzahl ist daher auf max. 6 beschränkt.

**Lernsoftware:** CBT, 3-D-Simulation und Animationen zur schiffstechnischen Betriebsführung:

[http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation\\_UNITEST.pdf](http://www.fh-flensburg.de/watter/IMA/CBT-Maschinensimulation_UNITEST.pdf)

**Fächerübergreifendes Seminar** zu den Lehrinhalten aus allen technischen Fachgebieten. Die Technische Betriebsführung, Überwachung, Instandhaltung wird anhand ausgewählter exemplarischer Anlagen aufgearbeitet.



# Allgemeiner Hinweis: Griechisches Alphabet

aus [http://de.wikipedia.org/wiki/Griechisches\\_Alphabet](http://de.wikipedia.org/wiki/Griechisches_Alphabet)

Zeichen	Var. <sup>1</sup>	Name <sup>2</sup> (altgr. Schreibung)	neugr. Name (neugr. Schreibung)	Altgr. Transkription	Altgr. Aussprache <sup>3</sup>	Neugr. Transkription <sup>4</sup>	Neugr. Aussprache
A, α		Alpha (ἄλφα)	álfα (άλφα)	a	[a], [a:]	a, αι = e	[a]
B, β	β	Beta (βῆτα)	víta (βήτα)	b	[b]	v	[v]
Γ, γ		Gamma (γάμμα)	gám(m)α (γάμ(μ)α)	g	[g]	g, γγ = ng, γκ = ng, γγχ = nch, γξ = nx	[ɣ], [j]
Δ, δ		Delta (δέλτα)	délta (δέλτα)	d	[d]	d	[ð]
E, ε	ε	Epsilon (ἒ ψιλόν)	épsilon (έψιλον)	e	[e]	e, entfällt vor ι	[ɛ]
Z, ζ		Zeta (ζῆτα)	zíta (ζήτα)	z	[zd], [dz]	z	[z]
H, η		Eta (ἦτα)	íta (ήτα)	ē	[ɛ:]	i	[i]
Θ, θ	θ	Theta (θῆτα)	thíta (θήτα)	th	[tʰ]	th	[θ]
I, ι		Iota (ιώτα)	ióta (ιώτα)	i	[i], [i:]	i	[i], [j]
K, κ	κ	Kappa (κάππα)	káp(p)α (κάπ(π)α)	k	[k]	k	[k], [kʰ]
Λ, λ		Lambda (λάμβδα)	lámnda (λάμδα)	l	[l]	l	[l]
M, μ		My (μῦ)	mi (μι)	m	[m]	m	[m]
N, ν		Ny (νῦ)	ni (νι)	n	[n]	n	[n]
Ξ, ξ		Xi (ξί)	xi (ξι)	x	[ks]	x	[ks]
O, ο		Omikron (ὀ μικρόν)	ómikron (όμικρον)	o	[o]	o, entfällt vor ι	[o]
Π, π	π	Pi (πί)	pi (πι)	p	[p]	p, μπ = (m)b <sup>5</sup>	[p]
P, ρ	ρ	Rho (ῥῶ)	ro (ρω)	r(h)	[r], [rʰ]	r	[r]
Σ, σ	ξ <sup>6</sup> σ <sup>7</sup>	Sigma (σίγμα)	sígma (σίγμα)	s	[s], [z]	s	[s], [z]
T, τ		Tau (ταῦ)	taf (ταυ)	t	[t]	t, ντ = (n)d <sup>5</sup>	[t]
Υ, υ		Ypsilon (ῦ ψιλόν)	ýpsilon (ύψιλον)	y bei αυ, ευ, ου: u	[y], [y:]	y, nach Vokal v oder f	[i], [v], [f]
Φ, φ	φ	Phi (φί)	fī (φι)	ph	[pʰ]	f	[f]
X, χ		Chi (χί)	chi (χι)	ch	[kʰ]	ch	[x], [ç]
Ψ, ψ		Psi (ψί)	psi (ψι)	ps	[ps]	ps	[ps]
Ω, ω		Omega (ὦ μέγα)	oméga (ωμέγα)	ō	[o:]	o	[o]