

Sommersemester 2016

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Kolben- und Strömungsmaschinen

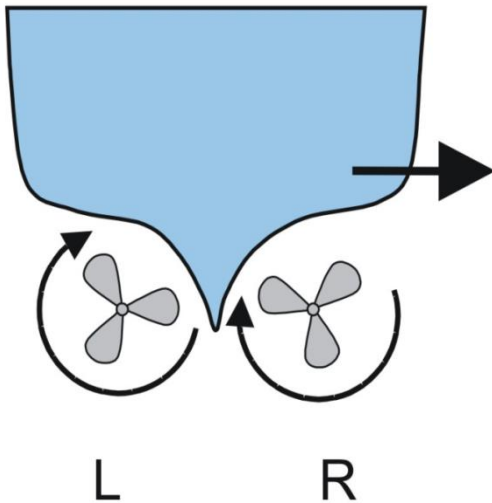
Teil Strömungsmaschinen

Prof. Dr. Hendrik Wurm
Lehrstuhl für Strömungsmaschinen

- Einführung, Arten und grundsätzlicher Aufbau von Strömungsmaschinen
- Aufbau und Funktionsweise von Flugtriebwerken und den enthaltenen Strömungsmaschinen
- Aufbau und Funktionsweise von Windturbinen
- Aufbau und Funktionsweise von Pumpen
- Entwurfsmethoden
- Optimierungsmethoden

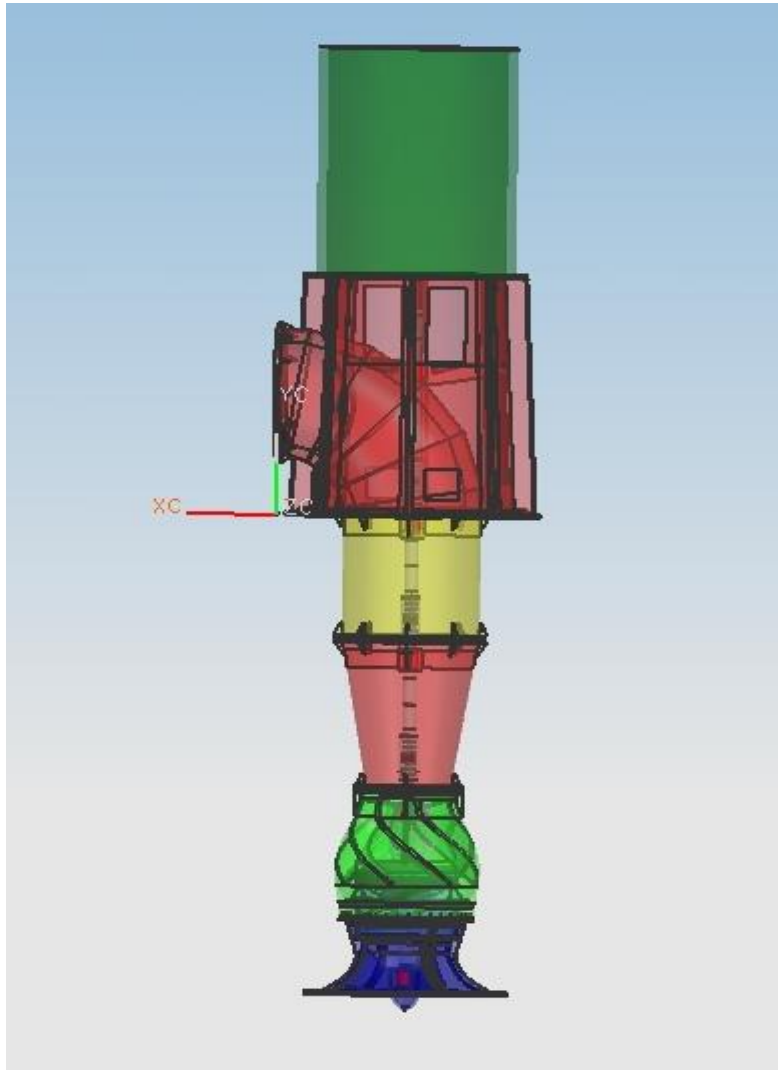
Was sind Strömungsmaschinen?

- Schiffspropeller -



<http://www.eon.com/de/businessareas/35182.jsp>

Was sind Strömungsmaschinen? „Maßgeschneiderte“ Pumpe



Kühlwasserpumpe für konventionelles Kraftwerk

$P = 3,6 \text{ MW}$ (4 permanent, 1 stand by)

$H = 29 \text{ m}$

$Q = 35.000 \text{ m}^3/\text{h}$

$l_{\text{Welle}} = 17,5 \text{ m}$

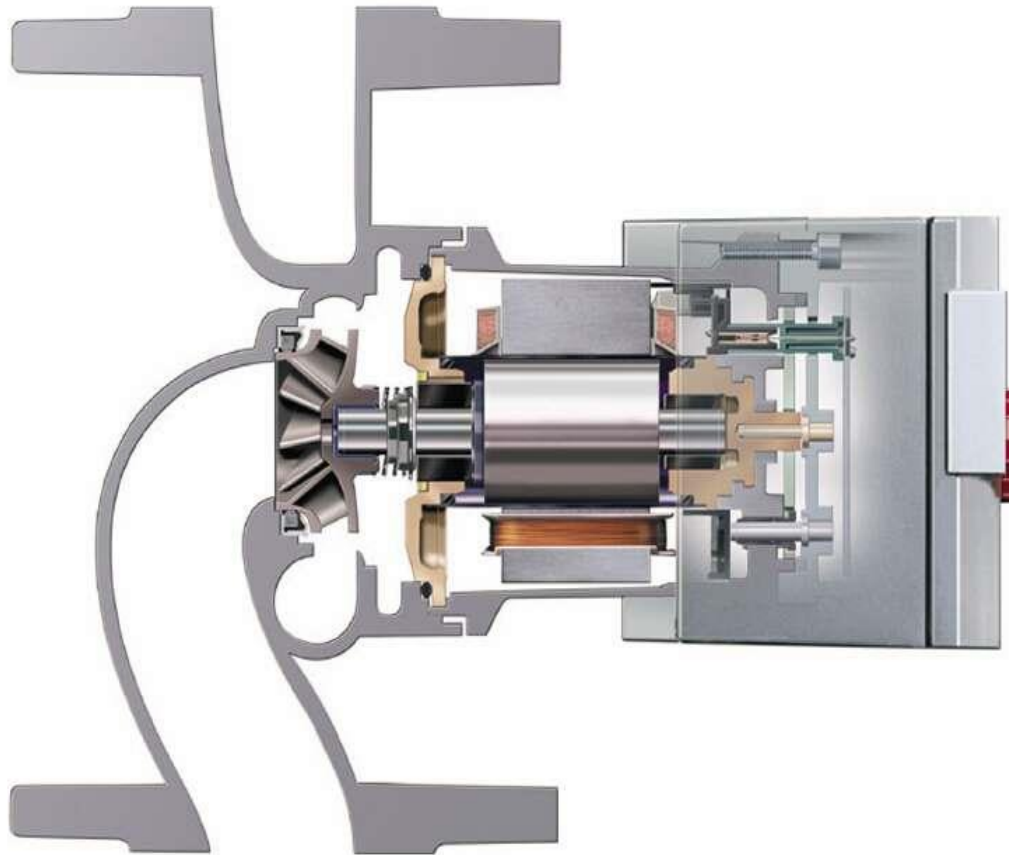
$d_{\text{Laufgrad}} = 1,8 \text{ m}$

$l_{\text{EBW}} = 50 \text{ m}$

$m \text{ ca. } 115 \text{ t}$

Was sind Strömungsmaschinen?

Pumpe mit Antrieb und Regelelektronik



Was sind Strömungsmaschinen?

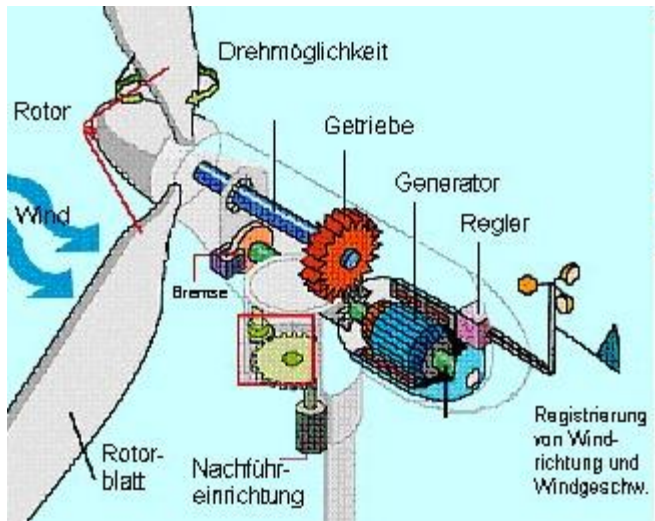
- Windkraftanlage -



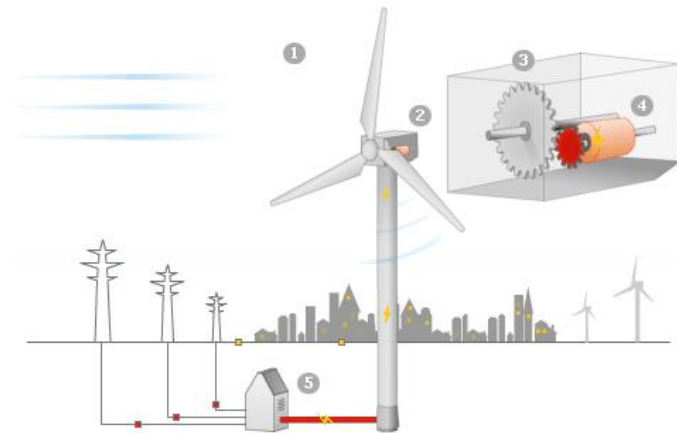
<http://wiki.sonnenenertrag.eu/solarbegriffe:r:rotor>



<http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB109-4.htm>



<http://www.wallstreet-online.de/diskussion/1077587-51-60/gamesa-gam-nr-2-weltweit-in-windkraftanlagen-windparks-solarenergie>



<http://www.eon.com/de/businessareas/35182.jsp>

Was sind Strömungsmaschinen?

- Flugtriebwerk -



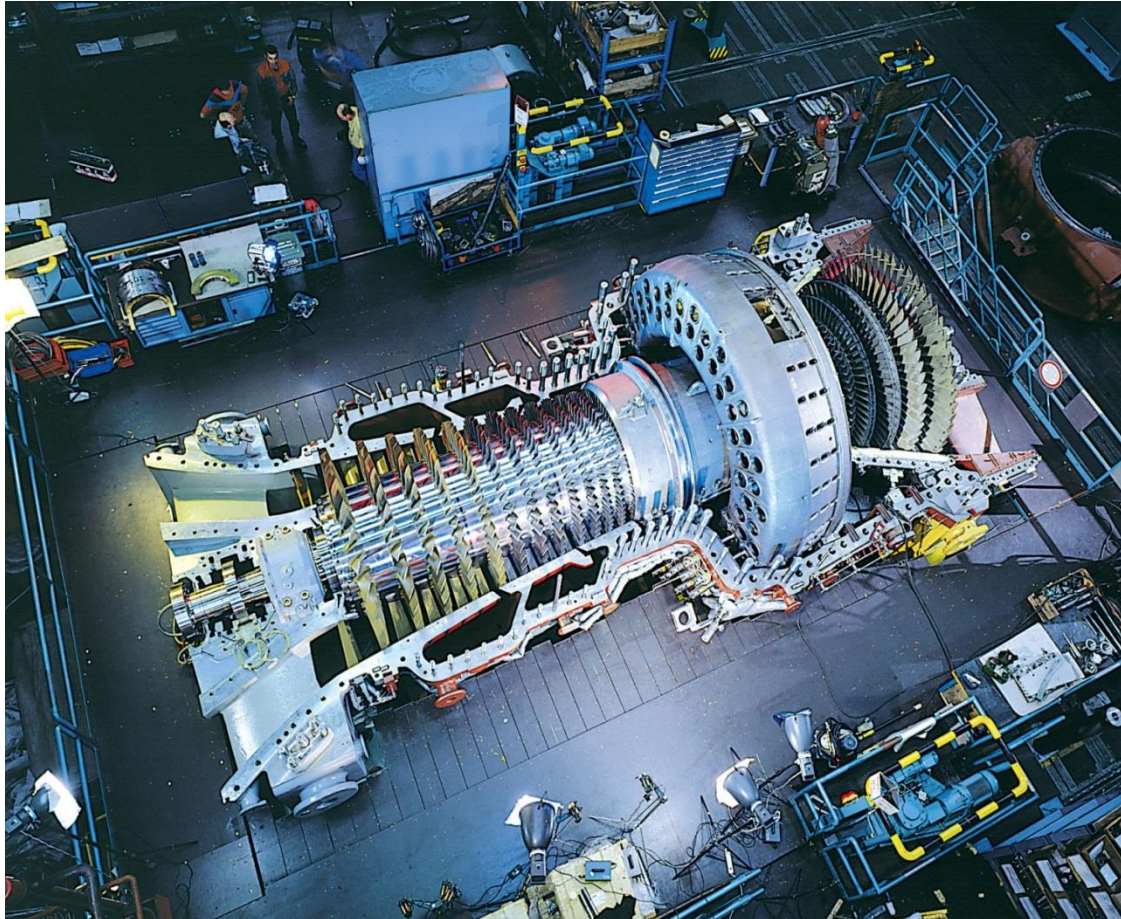
<http://de.wikipedia.org/wiki/Mantelstromtriebwerk>

Beispiele für thermische Strömungsmaschinen: Alstom-Gasturbine

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



Quelle: www.dlr.de

Beispiele für thermische Strömungsmaschinen: Dampfturbine



www.wikipedia.org

- Umwandlung von Energie

Energie eines Fluids in mechanische Energie – Kraftmaschine

mechanische Energie an Fluid zuführen – Arbeitsmaschine

- Strömungsmaschine als Arbeitsmaschine

Energieübertragung an

Flüssigkeit -- Pumpe (Kreiselpumpe), Propeller
Gas -- Verdichter (Kreisel-, Turboverdichter)
Ventilatoren
Gebläse
Kompressoren

- Strömungsmaschine als Kraftmaschine

Energie aus	Wasser -- Wasserturbine
	Wind -- Windturbine
	Dampf -- Dampfturbine
	Gas+Brennstoff -- Gasturbine

- Strömungsmaschinen
- Turbomaschinen , im engl. Turbomachinery
- Fluidenergiemaschinen

- Kolbenmaschinen

Kolbenpumpe – Kreiselpumpe
Kolbenverdichter – Kreiselverdichter
Verbrennungsmotor – Gasturbine

etc.

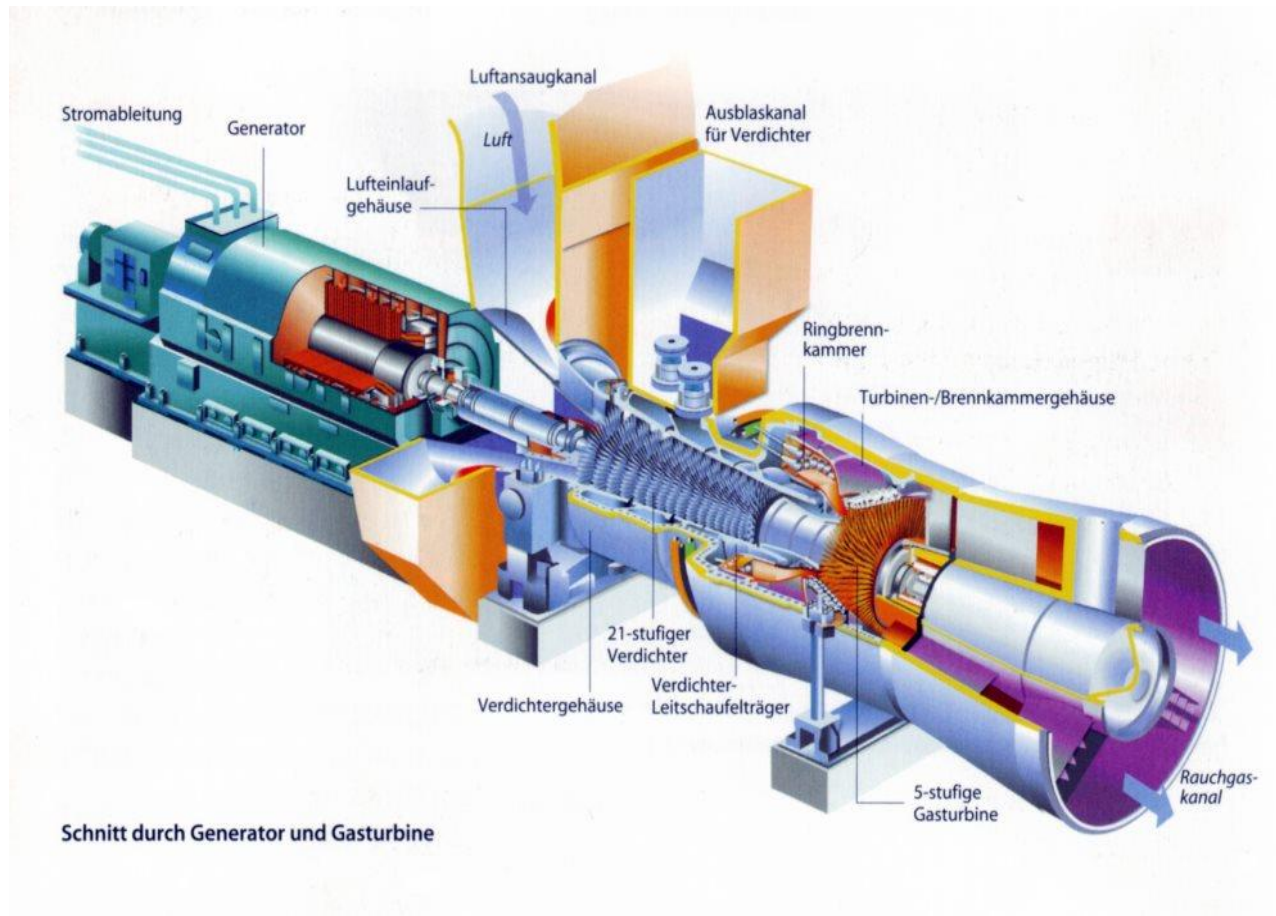
Strömungsmaschinen haben in der Regel Vorteile bei großen Volumenströmen und bei der Umsetzung großer Leistungen (geringeres Gewicht und geringere Baugröße).

- Rotor, Laufrad
- teilweise Stator, Leitrad
- teilweise Gehäuse
- Mechanik (Welle, Lager, Dichtungen etc.)

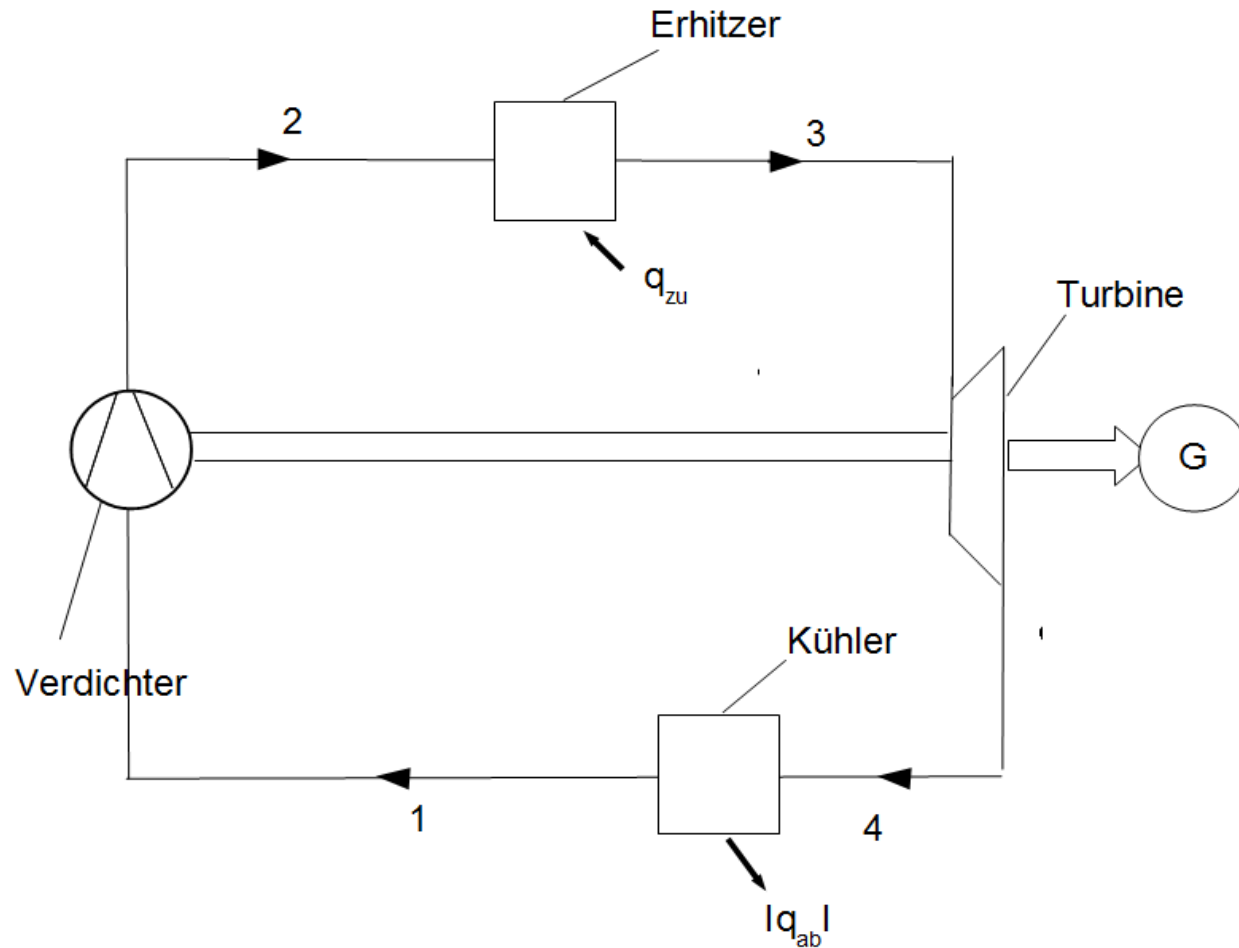
Tafelbild

- nach den Eigenschaften des Fluids
 - inkompressibel
 - kompressibel
- nach der „Richtung“ der Energieübertragung
 - vom Fluid an den Rotor – Turbine
 - vom Rotor an das Fluid – Pumpe, Verdichter

Prinzipieller Aufbau einer Gasturbine

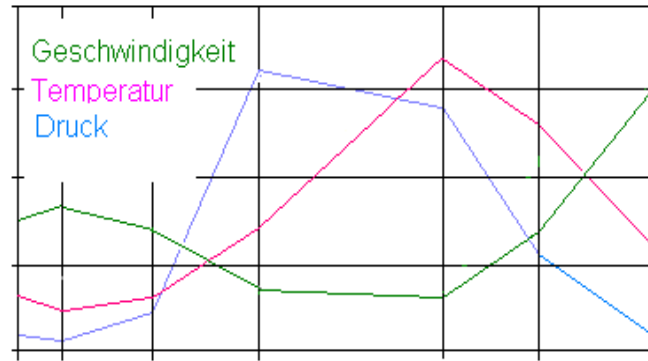
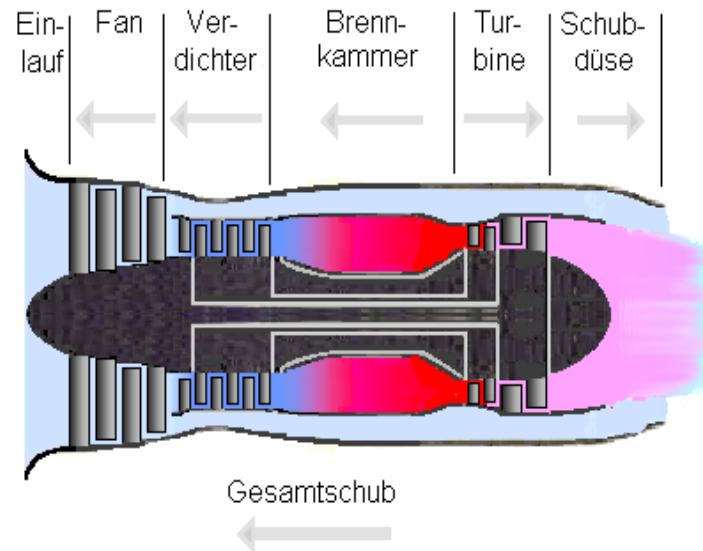


Quelle: www.hagelstein-consult.de

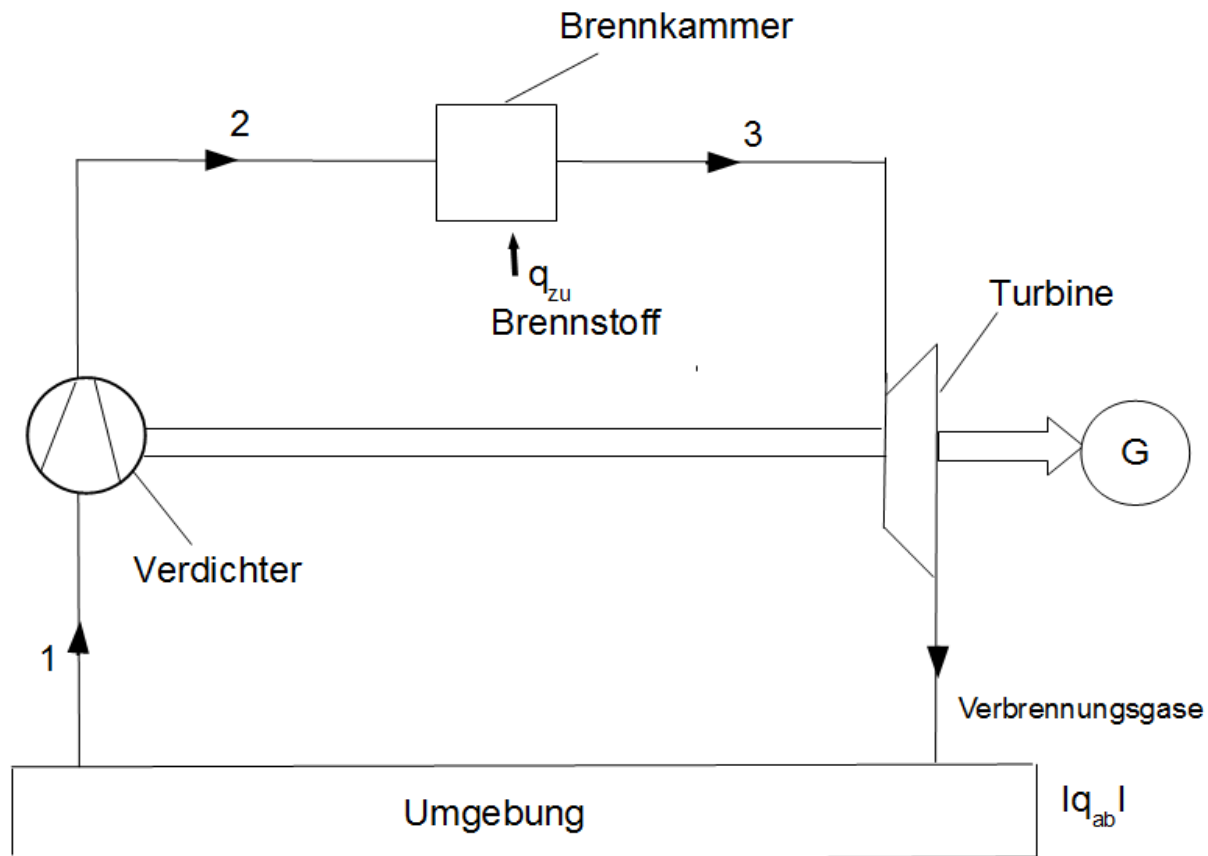


Schaltschema einer geschlossenen Gasturbinenanlage,
die nach dem Joule - Prozess arbeitet

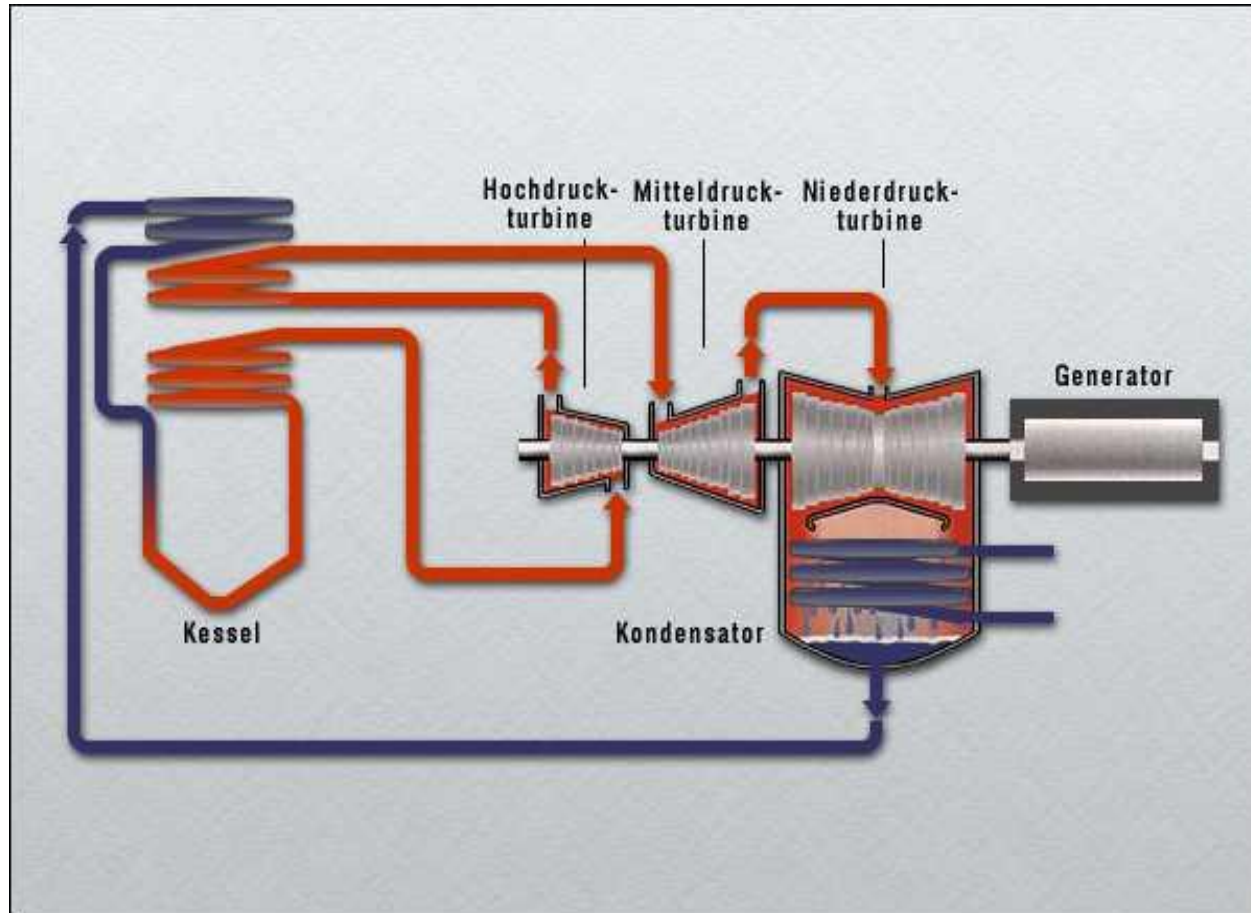
- Turbine --- Erzeugung der mechanischen Leistung
- Verdichter --- Druckerhöhung der angesaugten Luft vor der Turbine
- Brennkammer --- Temperaturerhöhung des resultierenden Verbrennungsgases



Quelle: Wikipedia



Schaltschema einer offenen Gasturbinenanlage,
die nach dem Joule – Prozess arbeitet



Quelle: www.bdew.de

- als Antrieb, z.B. von Pumpen und von Schiffspropellern
- zur Schuberzeugung in Flugtriebwerken
- zur Stromerzeugung (Antrieb eines Generators)

- Dampf- und Gasturbinen, z.B.

MAN Turbo AG 12.500 MA; ca. 4 Mrd.€ Umsatz)
Siemens Energy (88.000 MA; ca. 25 Mrd.€ Umsatz)

- Flugtriebwerke, z.B.

MTU (ca. 7.500 MA; ca. 2,6 Mrd.€ Umsatz)
Rolls Royce Deutschland (ca. 3.000 MA)

- Windkraftanlagen

ca. 100.000 Beschäftigte (z.B. Nordex, Suzlon)
sehr gut im Weltmarkt präsent

- Pumpen

ca. 30.000 Beschäftigte (z.B. KSB, WILO)
Weltmarktführer

- Flugtriebwerke

Beschäftigte? (z.B. MTU, Rolls Royce)
gut im Weltmarkt präsent

- Turbinen

ca. Beschäftigte? (z.B. Siemens, Voith)
sehr gut im Weltmarkt präsent

- Lüfter

ca. Beschäftigte? (z.B. Ziehl Abegg)
Weltmarktführer

- Definition:

Gesamtmenge an Treibhausgasen, die durch eine Produktgruppe emittiert wird. In der Regel wird zur Vereinfachung die Menge Kohlendioxid angegeben.

- Berechnung:

Treibhausgasemissionen entlang eines Lebenszyklus und Umrechnung in CO₂- Äquivalent.

- für Produkte werden PCF – Product Carbon Footprint – Angaben zum Wettbewerbsargument

- Abbau und Produktion der Werkstoffe
- Produktion der Pumpe (Energieverbrauch, weiterer environmental impact)
- Installation und Inbetriebnahme der Pumpe
- Betrieb der Pumpe
- Stilllegungs- und Entsorgungskosten

politisches Ziel: Schonung unserer natürlichen Ressourcen

(z.B. 20 20 oder Die Hightech- Strategie für Deutschland des BMBF)

- starker Fokus auf Energieeffizienz und „klares“ Wasser
- Pumpen: ca. 11% des Primärenergieeinsatzes in Europa

- ECO Design

Werkstoffe – geringster Materialensatz, Verschleißfestigkeit, Wiederverwertbarkeit etc.

Energieverbrauch – hoher Wirkungsgrad, Regelbarkeit bis zur Selbstadaption

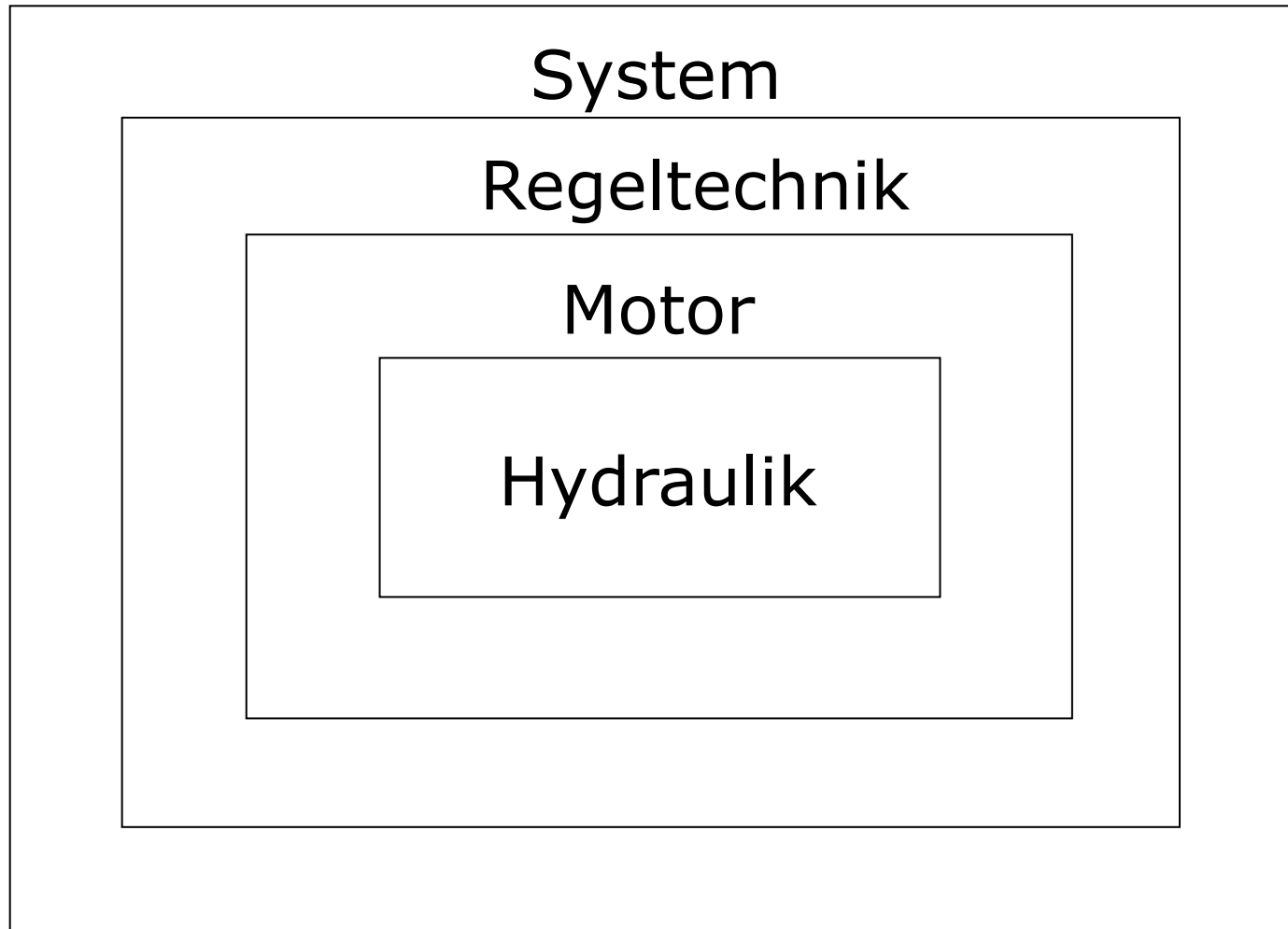
- ECO Production – Enviromental Impact- Reduzierung
- ECO Use – Erkennung des tatsächlichen Bedarfs und effiziente Realisierung

- Analysen der gesamten Kette haben für Pumpen gezeigt, dass 95% des carbon footprint aus dem Betrieb von Pumpen resultieren.
- 11% des gesamten Energieverbrauchs in Europa werden durch den Betrieb aller Pumpen verursacht. Das sind 308 TWh.

Potenzial für die Energieeinsparung (EUROPUMP)

	ENERGY SAVING POTENTIAL			TOTAL ENERGY CONSUMP- TION
	PRODUCT APPROACH	EX. PRODUCT APPROACH	SYSTEMS APPROACH	
STAND-ALONE CIRCULATORS	13 (45 %)		-	29
WATER PUMPS	5	35	18	137
BOILER CIRCULATORS	11 (45 %)		-	24
OTHER PUMPS	-	-	41 (37%)	110
TOTAL SAVING	5	59	59	300
POTENTIAL	123			

- Optimierung der Komponenten
 strömungsführende Bauteile
 Antrieb incl. Regelung
- Optimierung des Systems

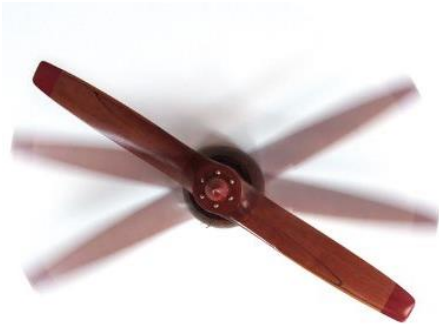


Flugzeug mit Propeller



http://www.airventure.de/reno_races2003_04.html

http://www.e-pics.ethz.ch/index/ETHBIB.Bildarchiv/ETHBIB.Bildarchiv_Dia_240-268_29398.html



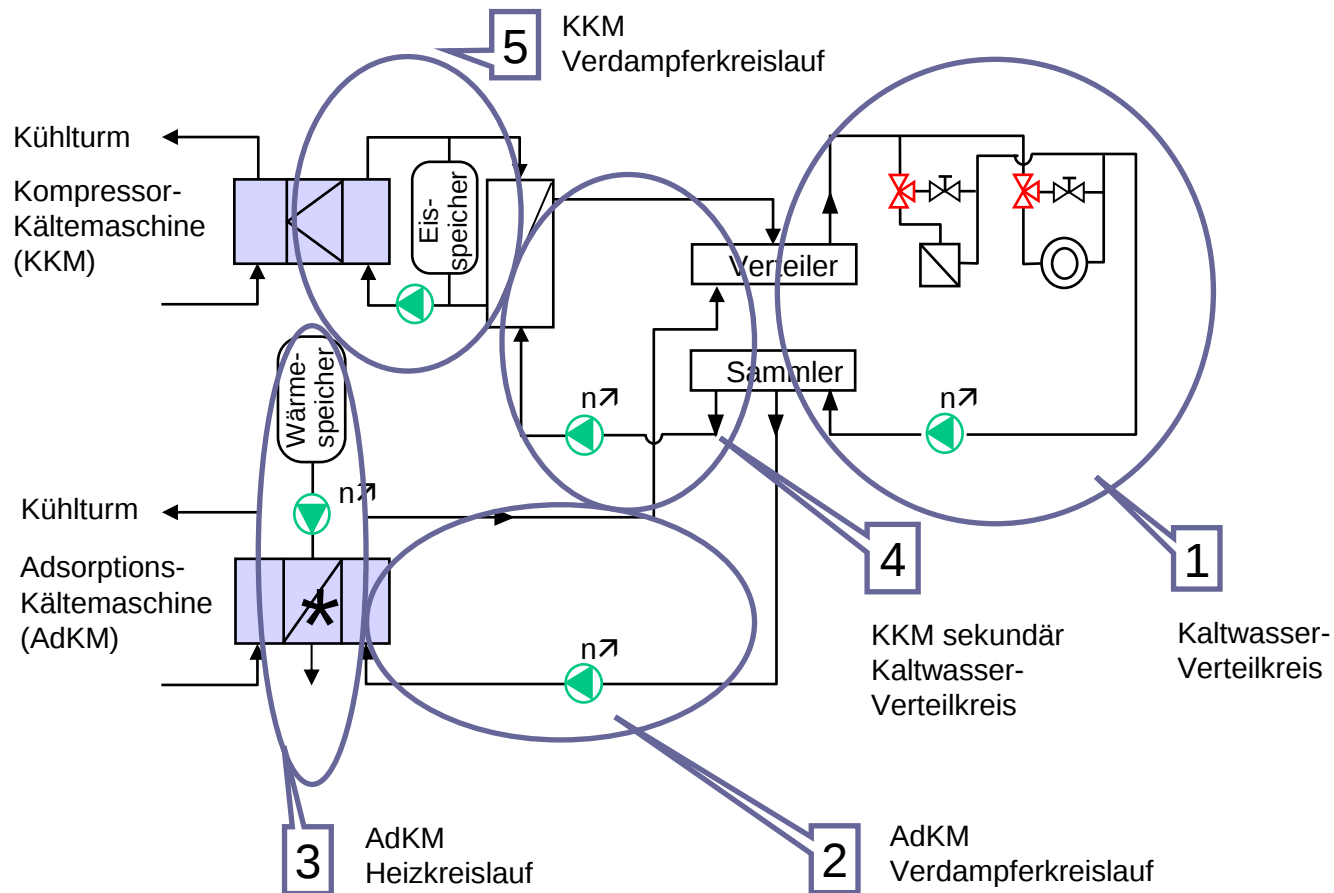
http://www.ipmsdeutschland.de/Flugzeuge/Schissau/P-47D_Arii.html



http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/09dyn_auftrieb/propeller.html



Quelle: WILO SE



- Strömungstechnik
- Antriebs- und Regeltechnik, Elektronik
- Werkstofftechnik / Beschichtungen
- Sensorik
- Systemtechnik (Gebäude, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung)

- **Lehrstuhl für Strömungsmaschinen**

Forschung

Lehre

- **Strömungsmaschinen Kompetenzzentrum (SMK)**

fakultätsübergreifende Forschung

- **Turbo Technologies GmbH**

Technologie- und Produktentwicklung

Prozesse für die Entwicklung mechatronischer Produkte

Aufbau von Entwicklungsgruppen im Ausland

Reduzierung des Energieverbrauches von Strömungsmaschinen

- numerische Verfahren zum Entwurf und zur Optimierung der Bauteile von Strömungsmaschinen

Systemintegration - von der Komponenten - zur Systemoptimierung

- numerische und experimentelle Systemanalysen
- Umsetzen des dynamischen Systembedarfs
(systemangepasste adaptive Regelung,
dynamische geometrische Anpassung etc.)

Analyse der Zuverlässigkeit mechatronischer Produkte

- Ausfallursachen
- Ausfallwahrscheinlichkeit

Reduzierung der Schallemission

- numerische Verfahren zu Fluid- Struktur- Wechselwirkungen
und experimentelle Untersuchung des akustischen Verhaltens

Integration bionischer Verfahren in die Strömungsmaschinen- forschung

- Kolben- und Strömungsmaschinen
(Teil Strömungsmaschinen)
- Grundlagen der Strömungsmaschinen und Windturbinen

- **Hydraulische Strömungsmaschinen**
(Physikalische Grundlagen: Strömungstechnik, Kavitation;
Bauarten und Entwurf hydraulischer Strömungsmaschinen,
Lebenszykluskosten (LCC), Grundlagen der Windkraftanlagen)
- **Thermische Strömungsmaschinen**
(Physikalische Grundlagen: Kompressible Strömungen im Unter- und im Überschall-
bereich Thermische Strömungsmaschinen – Verdichter, Dampf- und Gasturbinen)
- **Windturbinen und alternative Energiequellen**
(Entstehung des Windes, aerodynamischer Entwurf des Rotors,
Fluid-Struktur-Wechselwirkungen, Solarenergie, Geothermie)
- **Grundlagen der Akustik**

- Management von Entwicklungsprojekten und Teams

(Formen der Aufbauorganisation, Führung von Mitarbeitern, Innovations- und Entwicklungsprozess, Projektmanagement (Planung, Businessplan, Marktanalysen, Controlling, FreigabeprozEDUREN, Schutzrechte))

Vertiefungsrichtung Strömungsmaschinen im Masterstudiengang Maschinenbau

Literatur

Strömungstechnik:

Truckenbrodt, E.:	Fluidmechanik, Springer Verlag
Oertel, H.:	Strömungsmechanik, Springer Verlag
Schlichting, H.; Gersten, K.:	Grenzschicht Theorie, Springer Verlag
Iben, H.K.:	Strömungslehre in Fragen und Aufgaben, Teubner Verlagsgesellschaft
Leder:	Abgelöste Strömungen

Literatur

Strömungsmaschinen:

Pfleiderer, C.; Petermann, H.:	Strömungsmaschinen, Springer Verlag
Gülich, J.F.:	Kreiselpumpen, Springer Verlag
Hau, E.	Windkraftanlagen, Springer Verlag
Bräunling, W.J.G.:	Flugzeugtriebwerke, Springer Verlag