



Wintersemester 2015/2016

Hydraulische Strömungsmaschinen

Prof. Dr. Hendrik Wurm

Lehrstuhl für Strömungsmaschinen

- ▶ Einführung / industrieller Hintergrund (Vorlesung 1)
- ▶ Strömungstechnische Grundlagen (Vorlesung 2)
 - Navier-Stokes-Gleichungen, Kontinuitätsgleichung
 - Turbulenzmodellierung
 - Grenzen der verschiedenen Modellierungsmöglichkeiten
- ▶ Kavitation (Vorlesungen 3,4)
- ▶ Strömungsmaschinen mit Gehäuse (Entwurf, Kennlinien, Regelung)
(Vorlesung 5,6,7,8)
- ▶ Strömungsmaschinen ohne Gehäuse (Entwurf, Kennlinien)
(Vorlesung 9)
- ▶ Strömungstechnische Optimierung mit numerischen Methoden (Vorlesung 10)

- ▶ Strömungswandler (Vorlesung 11)
- ▶ spezielle Bauformen – Seitenkanalpumpen, Schraubenspindelpumpen (Vorl. 12)
- ▶ spezielle Bauformen – Voith-Schneider-Propeller (Vorlesung 13)
- ▶ Anwendung bionischer Methoden und Herzunterstützungssysteme (Vorl. 14)

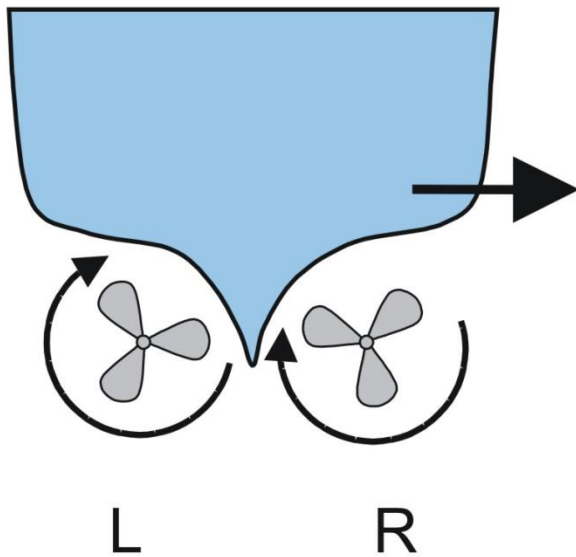
Studentische Vorträge

- ▶ Grundlagen der LES
- ▶ Kleinwindkraftanlagen
- ▶ „Parkeffekte“ in offshore-Windparks

- ▶ Strömungsmaschinen
- ▶ Turbomaschinen , im engl. Turbomachines
- ▶ Fluidenergiemaschinen

Was sind Strömungsmaschinen?

- Schiffspropeller



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

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

Was sind Strömungsmaschinen?

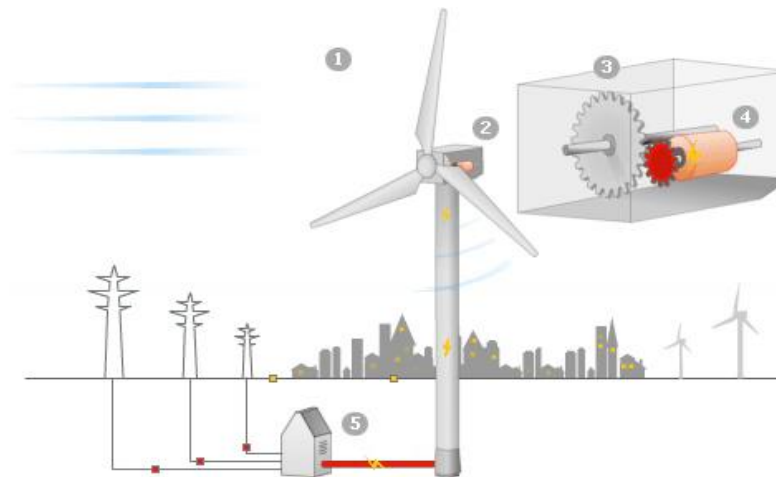
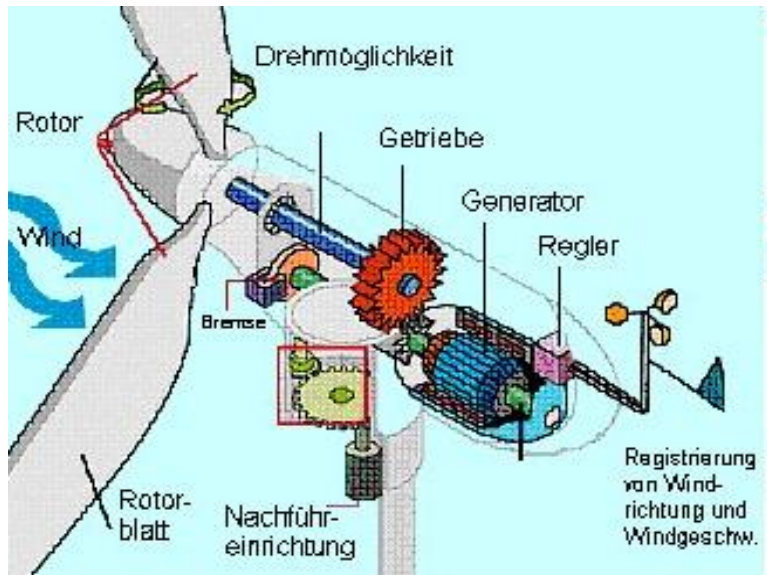
- Windkraftanlage Rotor



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



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



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

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

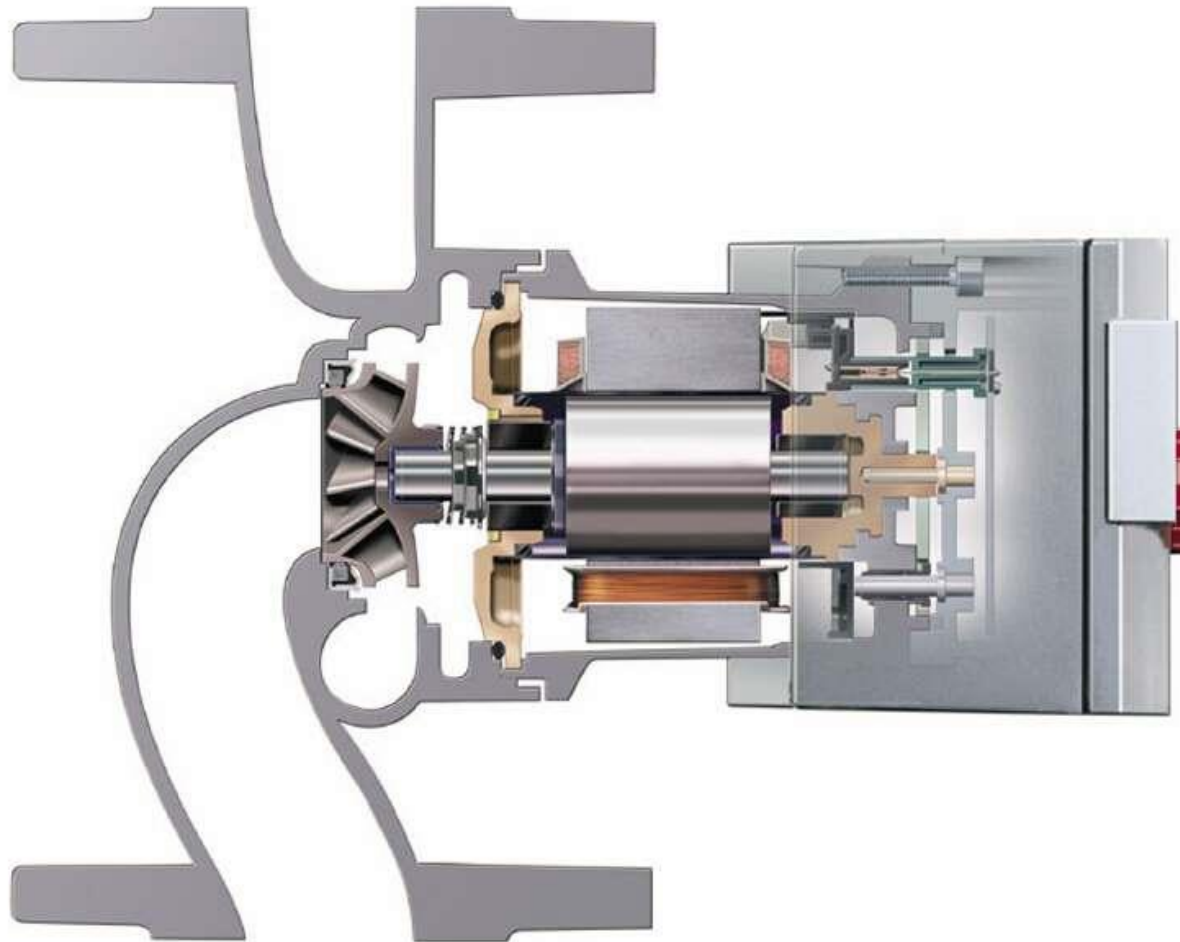
Was sind Strömungsmaschinen?

- Flugtriebwerk

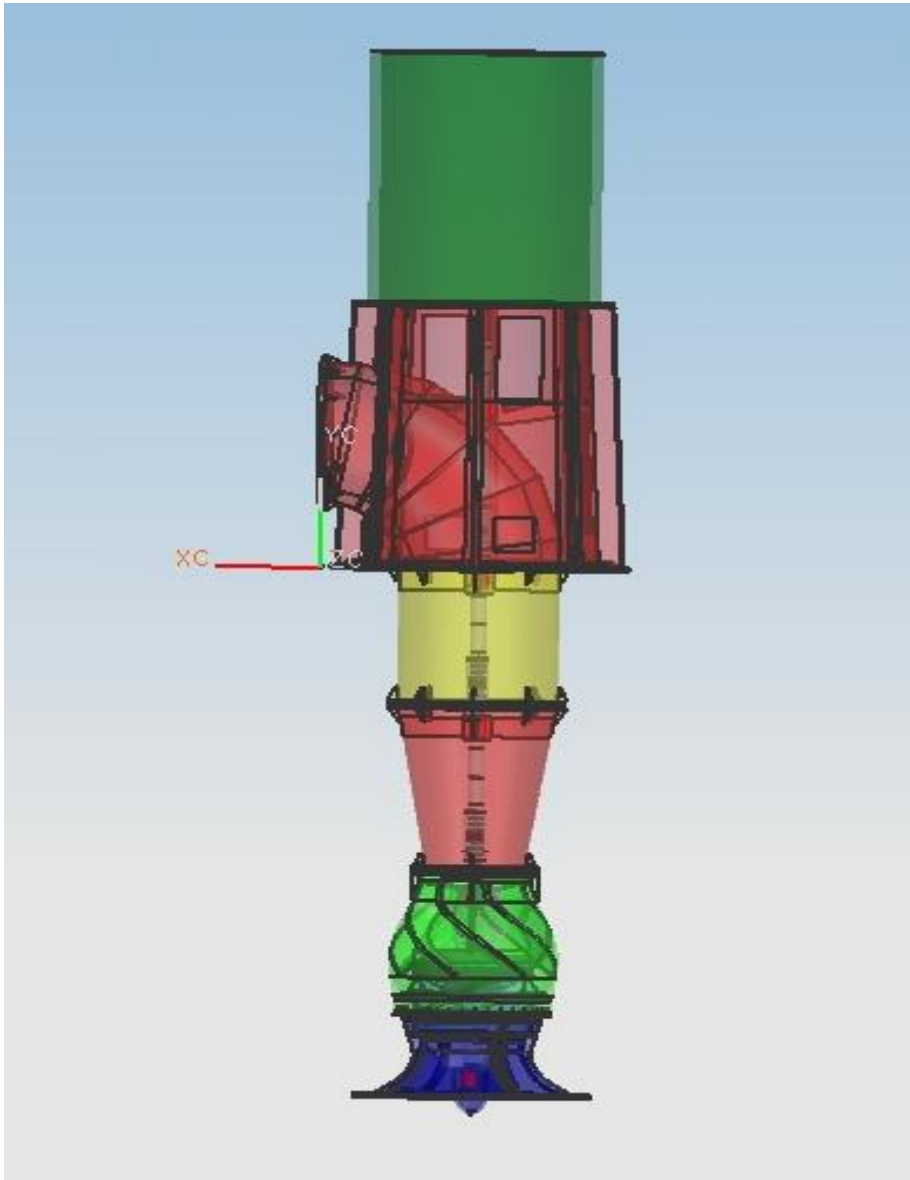


<http://de.wikipedia.org/wiki/Mantelstromtriebwerk>

Was sind Strömungsmaschinen? – Pumpe mit Antrieb und Regelelektronik



Was sind Strömungsmaschinen? „Maßgeschneiderte“ Pumpe



Kühlwasserpumpe für konventionelles Kraftwerk

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

$H = 29 \text{ m}$

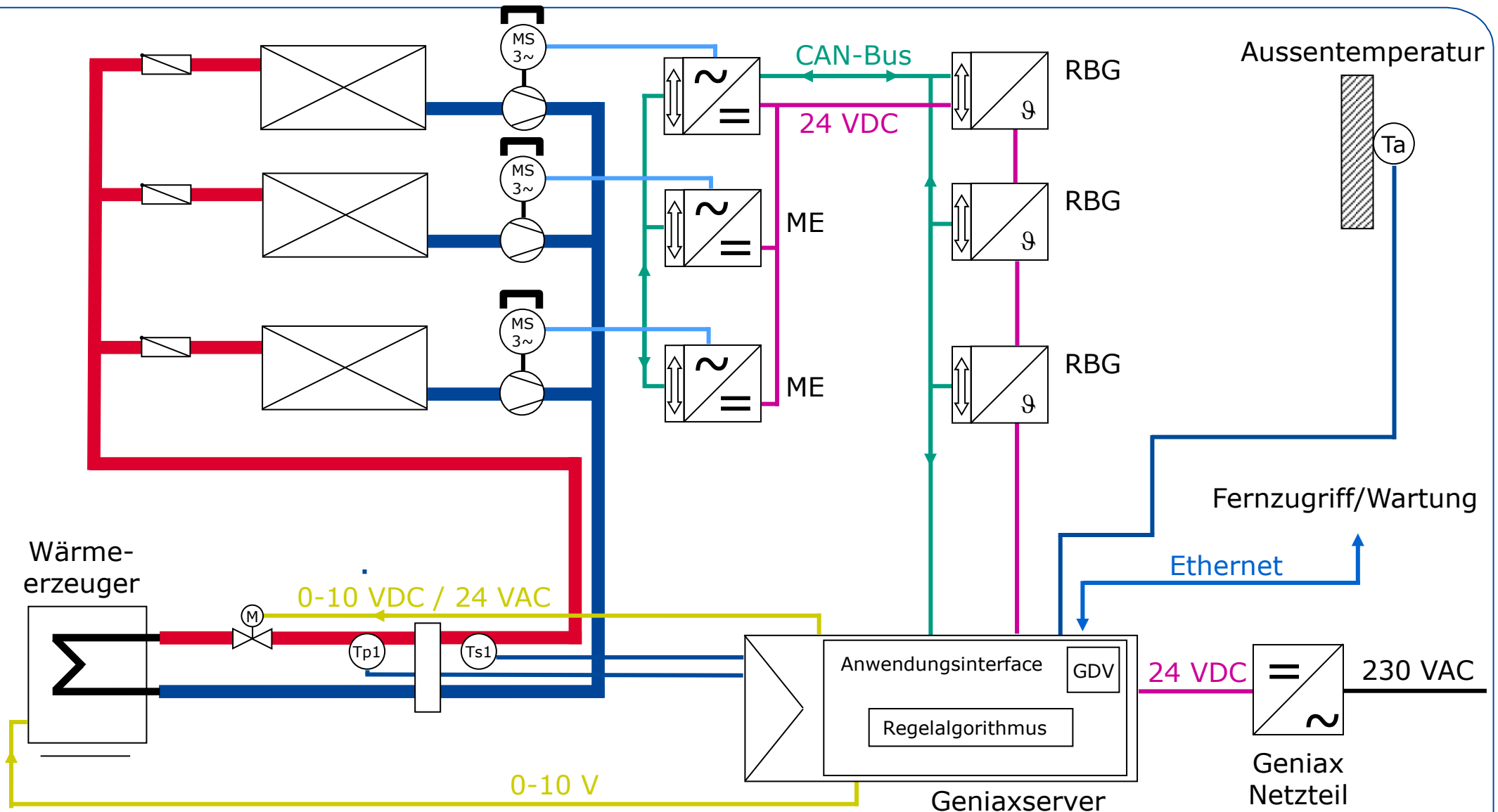
$Q = 35.000 \text{ m}^3/\text{h}$

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

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

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

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



- Umwandlung von Energie

Energie eines Fluids in mechanische Energie - Kraftmaschine

mechanische Energie an Fluid zuführen - Arbeitsmaschine

► Strömungsmaschine als Arbeitsmaschine

Energieübertragung an

Wasser -- Pumpe (Kreiselpumpe)

Luft -- **Verdichter (Kreisel-, Turboverdichter)***

Ventilatoren

Gebläse

Kompressoren

***in Vorlesung Thermische Strömungsmaschinen**

► Strömungsmaschine als Kraftmaschine = Turbine

Energie aus Wasser -- Wasserturbine

Wind -- Windturbine

„Windturb. und alternative
Energiequellen“

Dampf -- Dampfturbine

Gas -- Gasturbine

„Therm. Strömungsmaschinen“

► 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).

- ▶ 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

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

► Lehrstuhl Lehre

Kolben- und Strömungsmaschinen
Grundlagen der Strömungsmaschinen
Hydraulische Strömungsmaschinen
Thermische Strömungsmaschinen
Windturbinen und alternative Energiequellen
Technische Akustik
Management von Entwicklungsteams und Projekten

► Lehrstuhl Forschung – siehe hinten

► Kompetenzzentrum für Strömungsmaschinen

fakultätsübergreifende Forschung

► Turbo Technologies GmbH

Entwicklungs- und Beratungsprojekte für die Industrie

► **Europaweit führendes Forschungszentrum für hydraulische Strömungsmaschinen**

Hydraulik - Antrieb – Regelelektronik

Werkstofftechnik

Anwendungen der

Verfahrenstechnik

Wasserver- und Abwasserentsorgung

Gebäudetechnik

Produktion und Service

Koordination der interdisziplinären Zusammenarbeit

► 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 Materialeinsatz, 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)

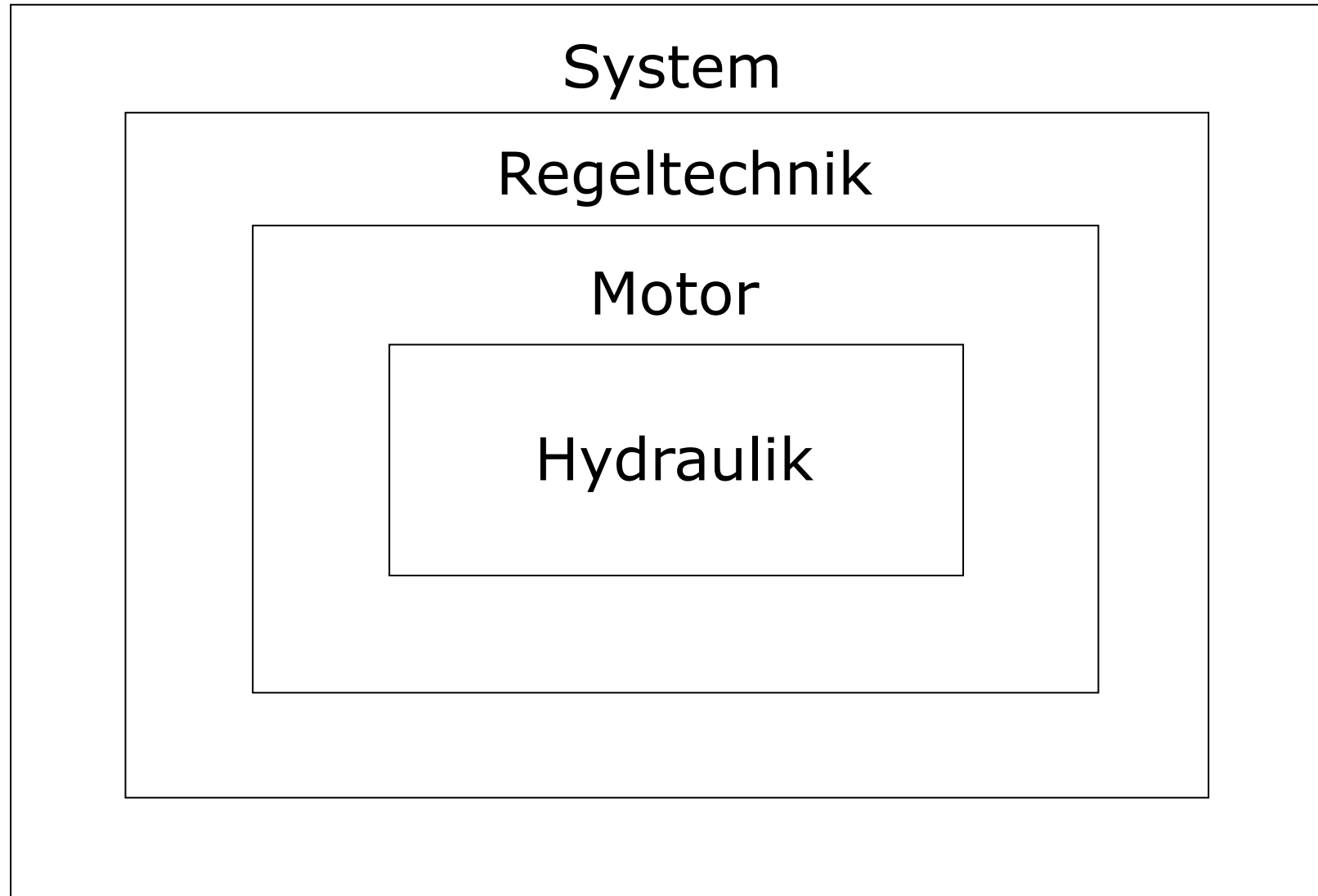
	ENERGY SAVING POTENTIAL			TOTAL ENERGY CONSUMP- TION
	PRODUCT APPROACH	EX. PRODUCT APPROACH	SYSTEMS APPROACH	
STAND-ALONE CIRCULATORS	13 (45 %)		-	29
WATER PUMPS	5	35	18	137
BOILER CIRCULATORS	11 (45 %)		-	24
OTHER PUMPS	-	-	41 (37%)	110
TOTAL SAVING	5	59	59	300
POTENTIAL	123			

- ▶ Optimierung der Komponenten

 - Hydraulik

 - Antrieb incl. Regelung

- ▶ Optimierung des Systems





Flugzeug mit Propeller



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

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



<http://www.tischlerei-baumgartner.at/popup.php?n=29>



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

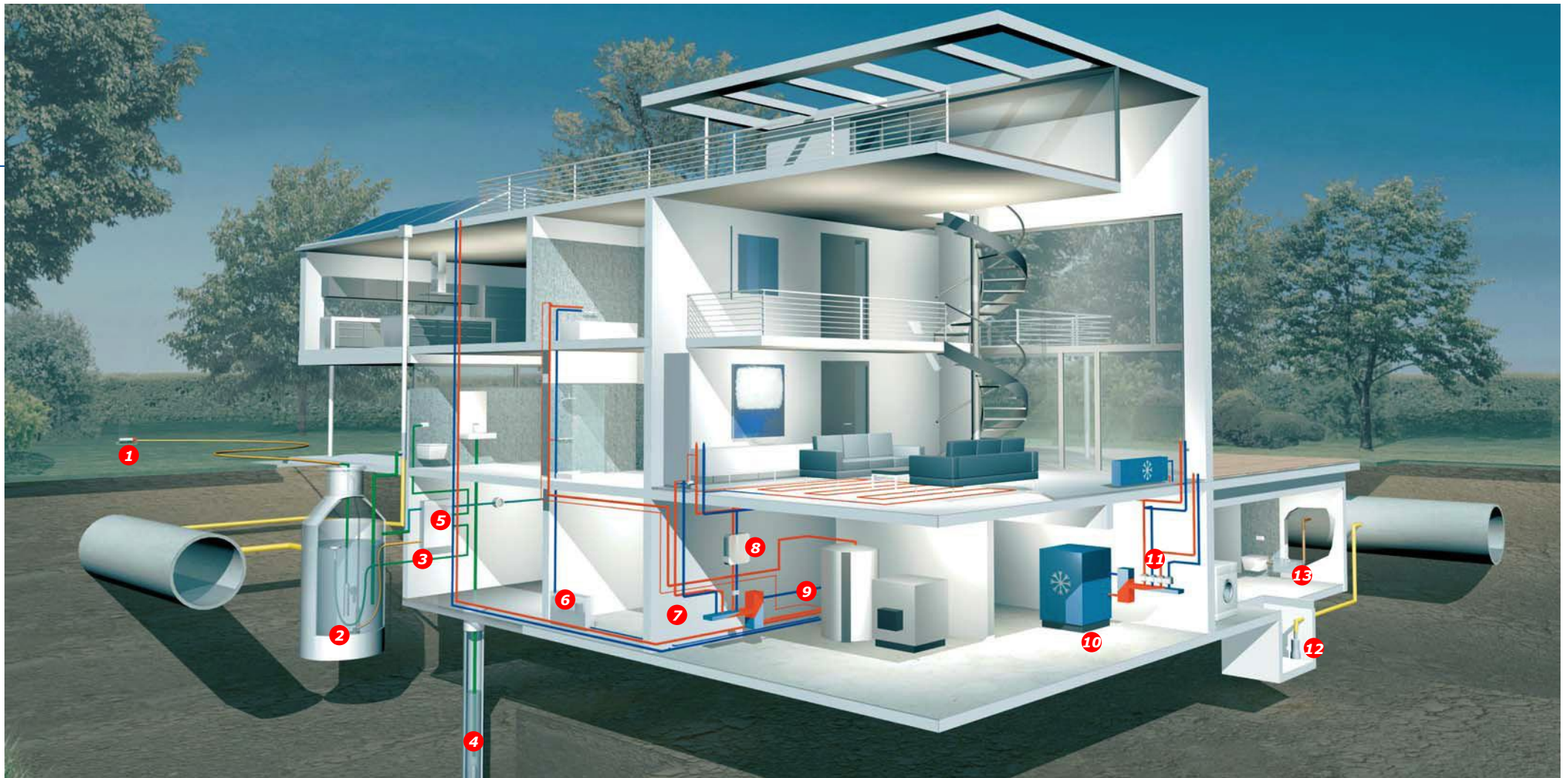


http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/09dyn_auftrieb/propeller.htm

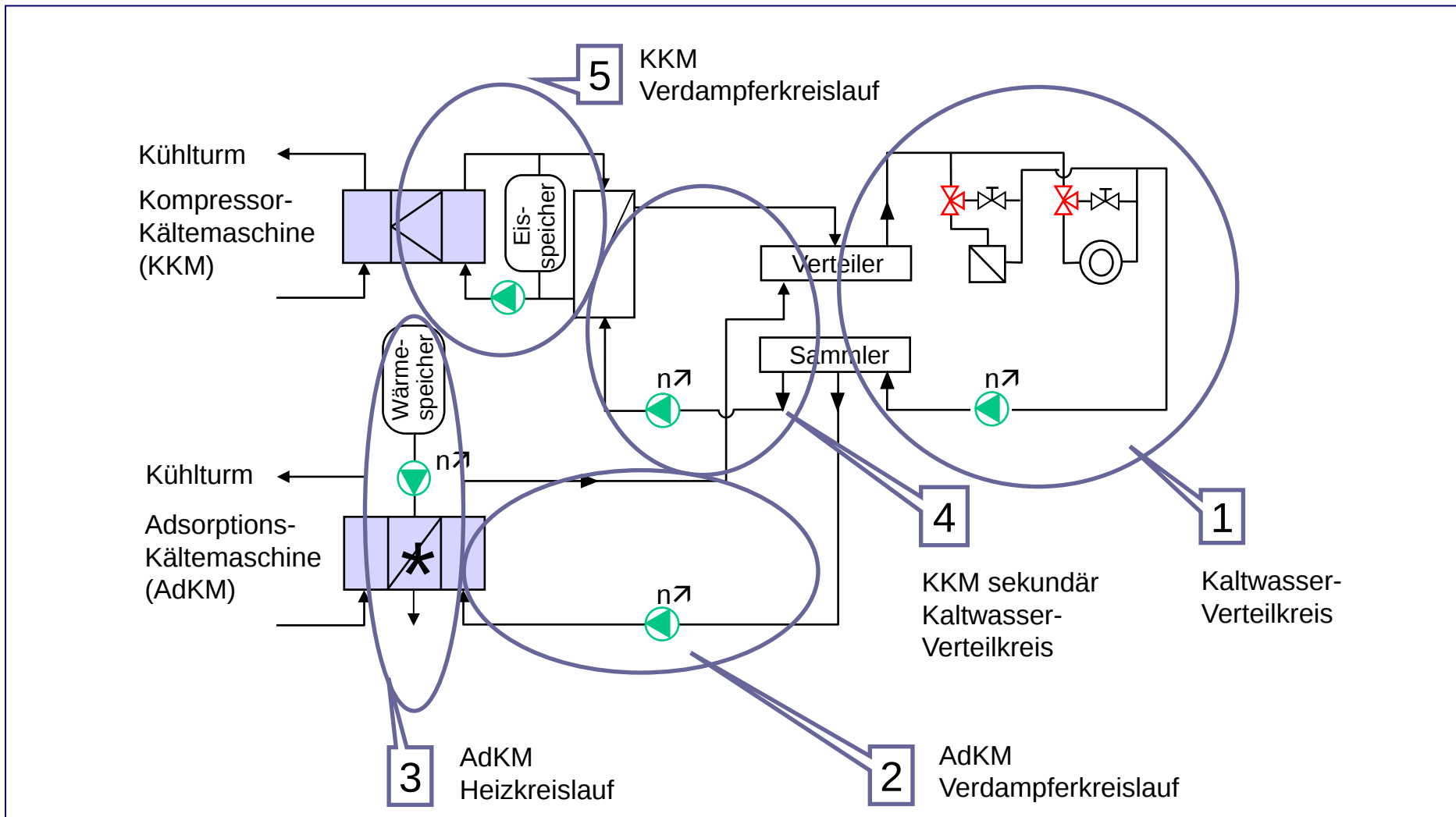


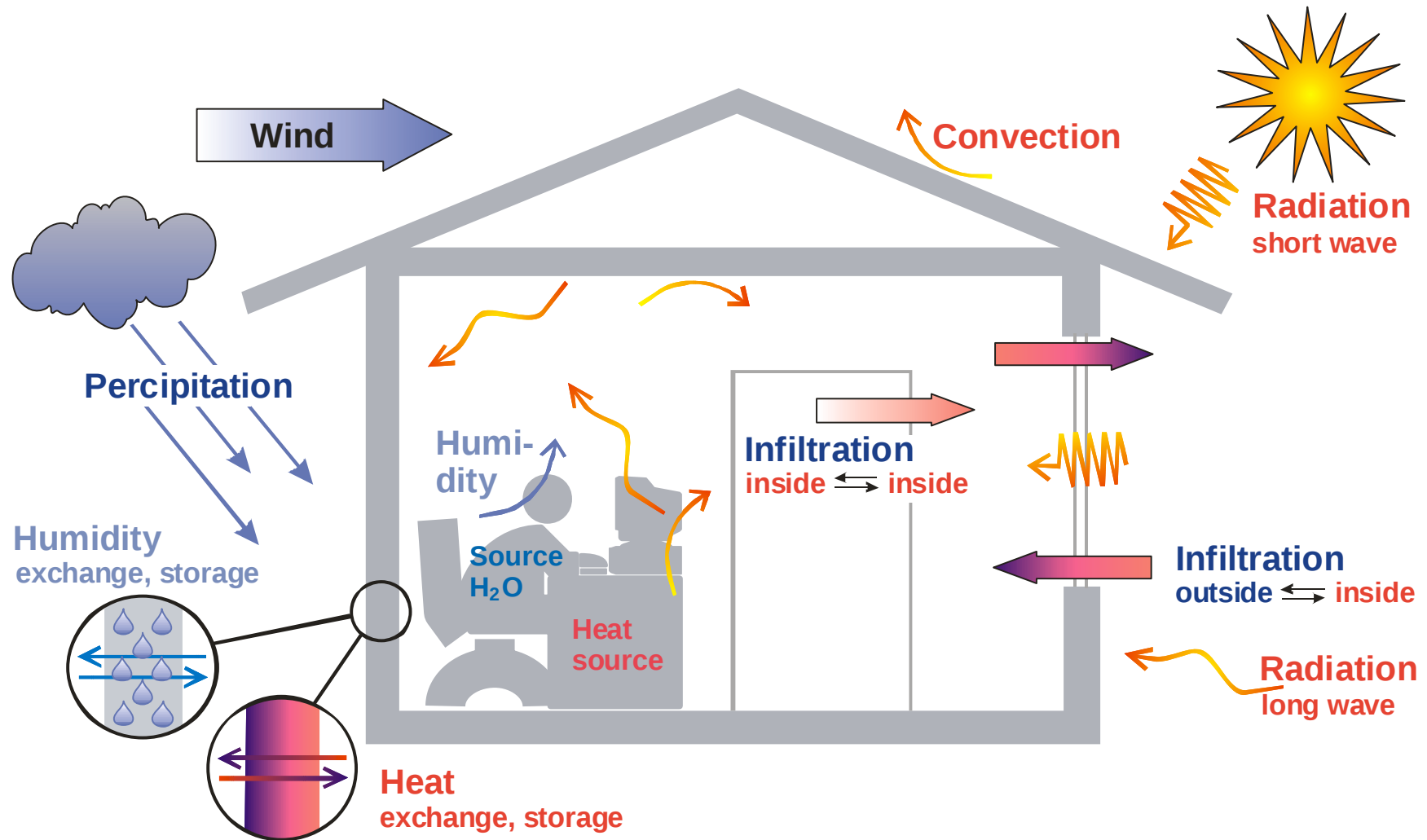
Municipal water management

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
											
Wilo-EMU KM	Wilo-ASP	Wilo-Vero Norm-NPG	Wilo-Comfort COR-6 MVI/CC	Wilo-EMU-PORT	Wilo-DrainLift WS	Wilo-EMU FA 08.52	Wilo-EMU Megaprop	Wilo-EMU RZP	Wilo-EMU FA	Wilo-EMU KPR	Wilo-CC-System



Building service





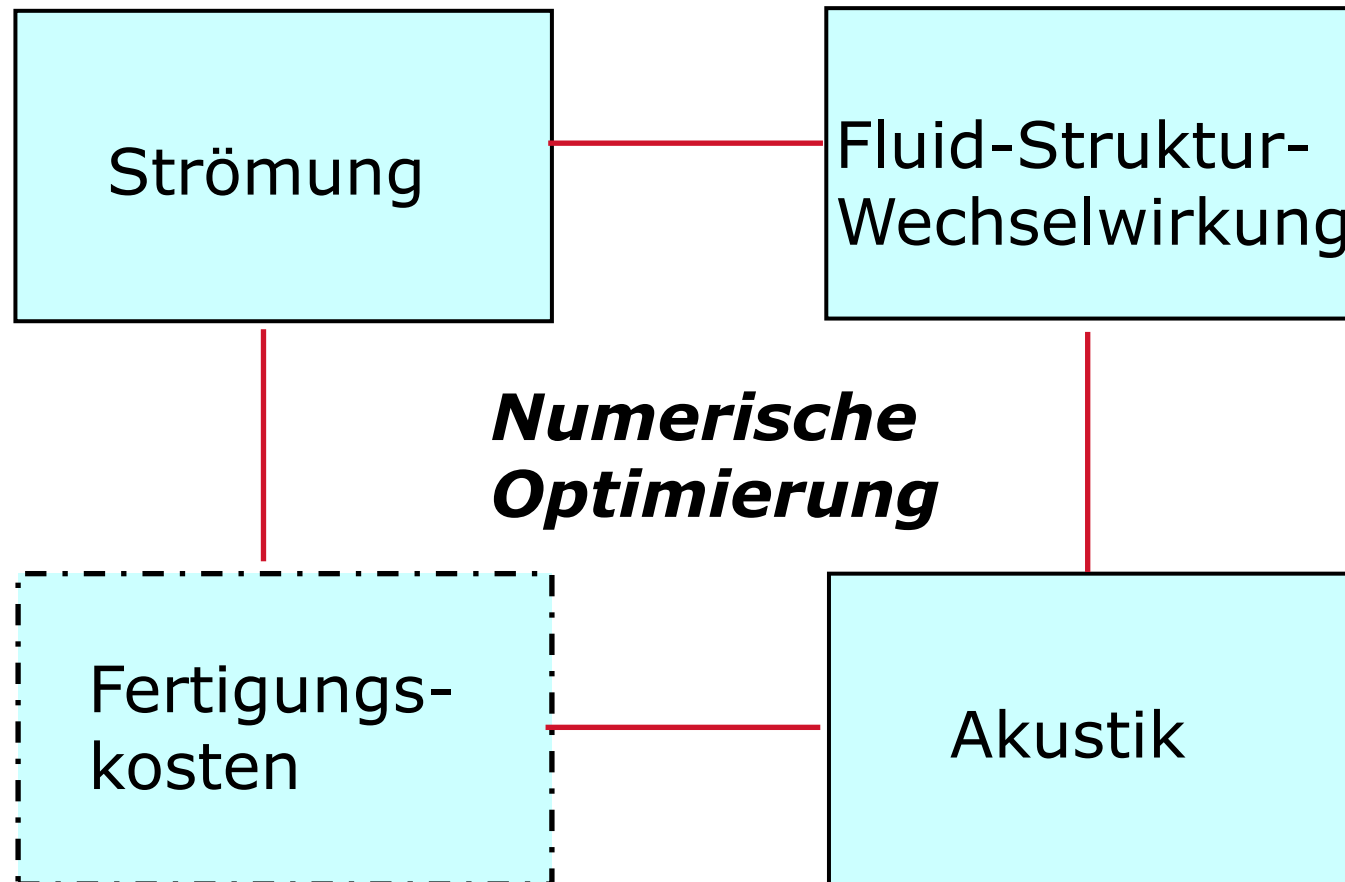
Quelle: Richter, W.: unveröffentlichter Forschungsbericht der TU Dresden an die WILO AG

- ▶ Pumpen incl. Antrieb und Regelung
- ▶ Wind- und Gezeitenturbinen
- ▶ Schiffspropeller
- ▶ Energiesysteme

Reduzierung des Energieverbrauches von Pumpensystemen

- numerische Verfahren zum Entwurf und zur Optimierung der Bauteile hydraulischer Strömungsmaschinen und Modellierung instationärer Strömungsvorgänge
- **Systemintegration – von der Komponenten- zur Systemoptimierung**
 - numerische und experimentelle Systemanalysen
 - Umsetzen des dynamischen Systembedarfs
(systemangepasste adaptive Regelung,
dynamische geometrische Anpassung etc.)

- **Reduzierung der Schallemission von hydr. Strömungsmaschinen**
 - numerische und experimentelle Verfahren



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, A.:

Abgelöste Strömungen

Literatur:

Hydraulische Strömungsmaschinen:

Pfleiderer, C; Petermann, H.: Strömungsmaschinen, Springer Verlag

Gülich, J.F.: Kreispumpen, Springer Verlag

Hau, E.: Windkraftanlagen