

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



Windturbinen und alternative Energiequellen WS 2014/15

Gezeitenturbinen und Geothermie

Prof. Dr. Hendrik Wurm

Lehrstuhl für Strömungsmaschinen



- Einführung / industrieller Hintergrund (Vorlesung 1)
- Energieinhalt im Wind und Aufbau von Windkraftanlagen (Vorlesung 2)
- Windentstehung und Messung der Windgeschwindigkeit (Vorlesung 3)
- Grundlagen der Aerodynamik (4)
- Grundlagen für den Rotorentwurf (Vorlesung 5)

- Entwurf und aerodynamische Optimierung des Rotors (Vorlesung 5,6)
- Anpassung an veränderte Windverhältnisse und Verluste (Vorlesung 7)
- Grundlagen der Aeroelastik, Fluid-Struktur-Wechselwirkungen (Vorlesung 8)
- Einführung in die Akustik (Vorlesung 9)
- Schallquellen an Windkraftanlagen und Maßnahmen zur Lärmreduzierung (Vorlesung 10)



- spezielle Herausforderungen an offshore-Windparks (Vorl. 11)
- **Gezeitenturbinen (Vorlesung 12)**
- Solarthermie und Photovoltaik (Vorlesung 13)
- **Geothermie (Vorlesung 14)**
- **Zusammenfassung (Vorlesung 14)**



- periodische Wasserbewegungen großer Gewässer als Folge der Gezeitenkräfte von Mond und Sonne in Verbindung mit der Erdrotation

High Potential Areas for Tidal Resources

Canada: British Columbia, the Bay of Fundy and the St. Lawrence seaway are some of the world's best tidal current resources and are close to significant electricity demand

UK: ~18TWh/yr of technically extractable tidal current resource. 40% of it is concentrated in the far north of Scotland (Pentland Firth and Orkney Islands)

India: The Gulf of Kutch and the Gulf of Khambhat in the State of Gujarat both have significant tidal power resource >250MW

Korea: In the south, around Mokpo, the tidal currents are amongst the fastest in the world. According to KORDI, the Korean resource for tidal current power is 500MW

US: Alaska, Washington, California and Maine have good power density. Clear process for gaining exclusivity over particular sites

Japan: Excellent resources between the islands

Chile: At least 500MW potentially available

China: has enormous tidal current resources as well as river resources. Best large tidal sites found in Shanghai and Zhejiang province region

France: Strong tides around the Channel Islands

Australia: King Sound in the North West has some of the highest tides in the world (~10m).

- besonders in Buchten und Flussmündungen hohe Tidenhübe
→ Bay of Fundy (Kanada) → 14 m Tidenhub

Ursachen:

- Trichterwirkung
- Verlangsamung der Wellengeschwindigkeit durch abnehmende Wassertiefe → Hochwasser
- durch Resonanzerscheinungen der periodisch auf- und ablaufenden Gezeiten → Bsp. Bay of Fundy
- Eigenperiode der Schwingungen der Wassermassen = Gezeitenperiode
- Überlagerung von rückkehrender Welle und einströmender Welle

- Antrieb durch Gezeitenströmung (2 ...3 ...(10) m/s)
- technische Herausforderungen:
 - Installation (30 bis 50 m Wassertiefe, Wind, Wellenhöhen ca. 5m – Tageskosten ca. 35 TPFund)

Gewicht einer Anlage ca. 250 Tonnen

Gründung

Verkabelung

wartungsfreier Betrieb

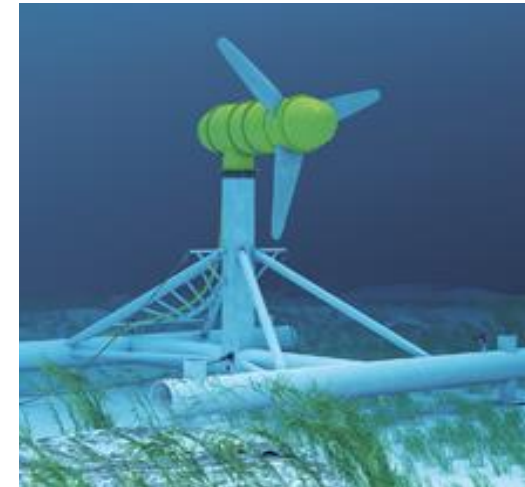
➤ betriebswirtschaftliche Herausforderungen:

Stromgestehungskosten heute: ca. 0,56 €/kWh

Ziel: 0,32 €/kWh

Voith

- 110 KW Testkraftwerk Jindo (Südkorea)
 - 2011
 - Rotordurchmesser 5,3 m (Maßstab 1:3)
110 KW Nennleistung bei 2,9 m/s
 - 30 m Wassertiefe
- 1 MW Testkraftwerk in Schottland
 - 1 MW-Turbine (Maßstab 1:1) bei 2,9 m/s Strömungsgeschwindigkeit
 - Rotordurchmesser 16 m
 - Monopfahlaufbau



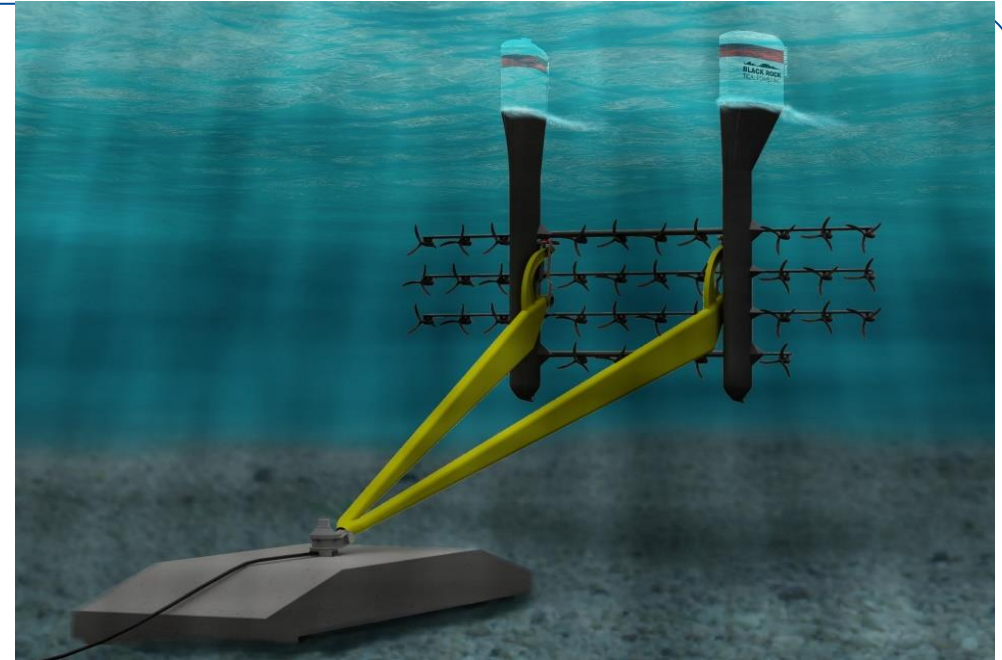
Alstom

- 1MW und 500 kW Testanlage in Schottland:
 - 2013 und 2010
 - 18m Rotordurchmesser
 - Tripod-Aufbau
 - 40m Wassertiefe
 - Nenngeschwindigkeit 2,7 m/s
 - Cut-in: 1 m/s
 - Maximal: 5 m/s

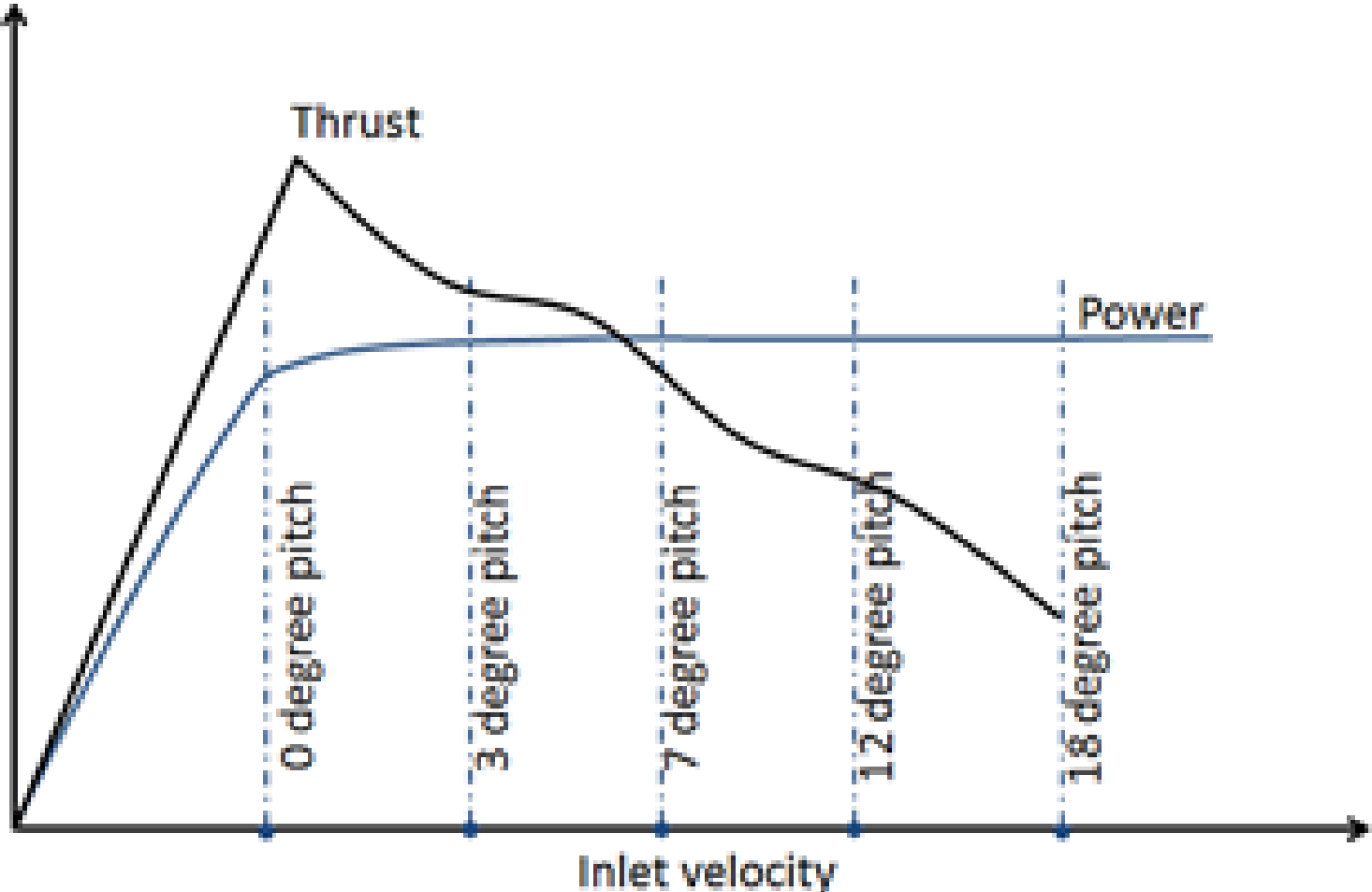


Schottel

- Geplant Frühjahr 2016:
 - Bay of Fundy (Kanada)
 - 16 STG-Turbinen → 1,1 MW
 - 36 STG-Turbinen → 2,5 MW (2017)
 - Turbinendurchmesser : 3-5 m
 - jede Turbine mit FU: 50 – 70 KW Leistung
 - Tiefe so, dass fern von langsam strömenden Wasserschichten über Meeresboden und unruhigen Wasseroberfläche
 - Nenngeschwindigkeit: 2,5 m/s bei 50kW Nennleistung
 - Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 5 m/s
- 2014:
 - Testturbinen in Strangford Narrows (Nord Irland)
 - Test auf verankerten Ponton
 - 4 m Durchmesser, 50 KW Leistung bei 2,75 m/s Wassergeschw.



spezielles Problem: Lastabwurf





- Wärmeezeugung
- Stromerzeugung

- Wärmestrom aus dem Erdinnern an die Oberfläche (Wärmeproduktion u.a. durch den Zerfall radioaktiver Elemente wie Uranisotope und Thoriumisotope in der Erdkruste) – ca. 65 mW/m² an der Erdoberfläche
- Wärmeeintrag durch solare Strahlung (wirksam bis zu einer Tiefe von ca. 10 m bis 20 m)



- Erdkruste (bis 30 km, T bis 1000 K)
- Erdmantel (bis 3000 km, $1000\text{ K} < T < 3000\text{ K}$)
- Erdkern (bis 6370 km, $3000\text{ K} < T < 5000\text{ K}$)

- gespeicherte Wärme in den oberen Erdschichten
- hydrothermale Lagerstätten (Wasser und Dampf)
- heiße und trockene Schichten
- Magma (geschmolzene Gesteine)

- oberflächennahe Erdwärme

Erdwärmekollektoren,
Erdwärmesonden,
Brunnen,
anderes

- Erdwärme tiefer Schichten

Bohrungen zur Förderung von Warm- oder Heißwasser

Wärmepumpenanlagen

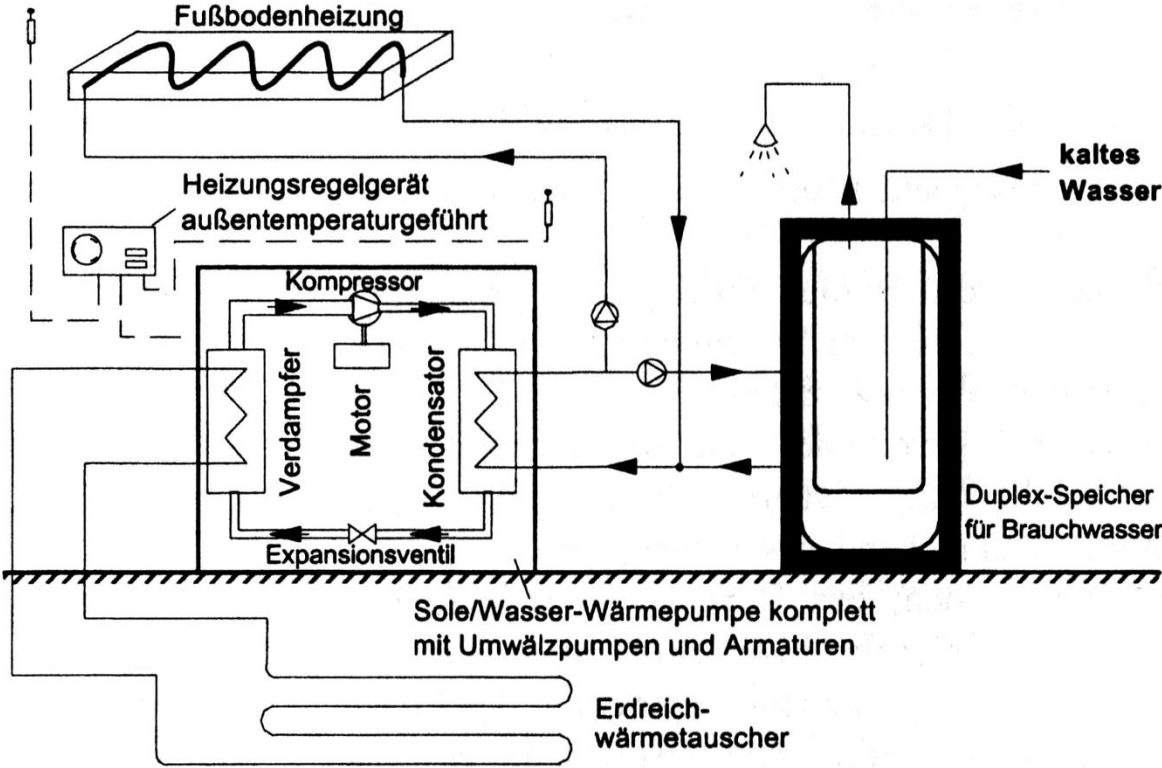
Komponenten

- Erdreichwärmeübertrager
- Verdichter
- Expansionsventil
- Umwälzpumpen
- Leitungen
- Mess- und Regeleinrichtungen

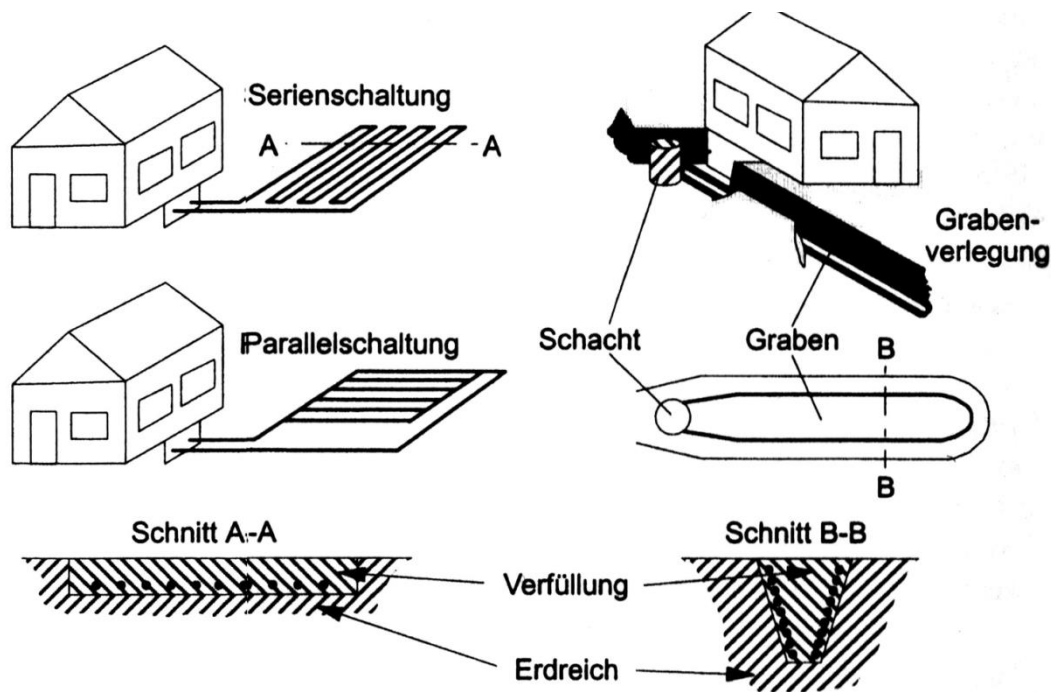
Wärmepumpen

Funktionsweise:

Im Erdreich montierte Erdwärmeübertrager werden von einem Fluid durchströmt (z.B. Wasser/Glykol). Das Fluid nimmt Umgebungswärme auf (ca. 30 W/m²). In einem Verdampfer wird ein Kältemittel verdampft (z.B. Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW, TS=-46°C) in alten Anlagen oder Propan (TS=-42°C). Im Verdichter wird das verdampfte Kältemittel verdichtet und im anschließenden Kondensator unter Wärmeabgabe verflüssigt. Im folgenden Expansionsventil wird der Druck auf den Druck im Verdampfer wieder abgebaut.



- Wärmeübertragung zwischen dem Erdreich und dem strömenden Fluid.





- Wärmepumpenanlagen können auch zum Kühlen eingesetzt werden (umgekehrter Betrieb)
- Kopplung mit zusätzlichem Wärmeerzeuger zur Trinkwassererwärmung und/oder zur Realisierung von Betriebsspitzen möglich.





Forschung

- numerische und experimentelle Optimierung von Strömungsmaschinen
- Akustik
- Systemoptimierung

Lehre in der Masterausbildung

- Hydraulische Strömungsmaschinen (Förderung inkompressibler Fluide)
- Thermische Strömungsmaschinen (Förderung kompressibler Fluide)
- Management von Entwicklungsteams und -projekten
- Technische Akustik



- Kompetenzzentrum für Strömungsmaschinen
- Turbo Technologies GmbH



- Einführung / industrieller Hintergrund (Vorlesung 1)
- Energieinhalt im Wind und Aufbau von Windkraftanlagen (Vorlesung 2)
- Windentstehung und Messung der Windgeschwindigkeit (Vorlesung 3)
- Grundlagen der Aerodynamik (4)
- Grundlagen für den Rotorentwurf (Vorlesung 5)

- Entwurf und aerodynamische Optimierung des Rotors (Vorlesung 5,6)
- Anpassung an veränderte Windverhältnisse und Verluste (Vorlesung 7)
- Grundlagen der Aeroelastik, Fluid-Struktur-Wechselwirkungen (Vorlesung 8)
- Einführung in die Akustik (Vorlesung 9)
- Schallquellen an Windkraftanlagen und Maßnahmen zur Lärmreduzierung (Vorlesung 10)

- spezielle Herausforderungen an offshore-Windparks (Vorl. 11)
- Gezeitenturbinen (Vorlesung 12)
- Solarthermie und Photovoltaik (Vorlesung 13)
- Geothermie (Vorlesung 14)
- Zusammenfassung (Vorlesung 14)



Datum: 23.2.2015, 14:00 Uhr

Raum: noch nicht klar

Prüfungszeit: 90 Minuten

- Fragenteil 45 Minuten oder kürzer (individuell) , ohne Hilfsmittel
- Aufgabenteil nach Fragenteil
zugelassene Hilfsmittel: eine A4- Seite selbst beschrieben,
Taschenrechner,
Lineal + Schreibzeug