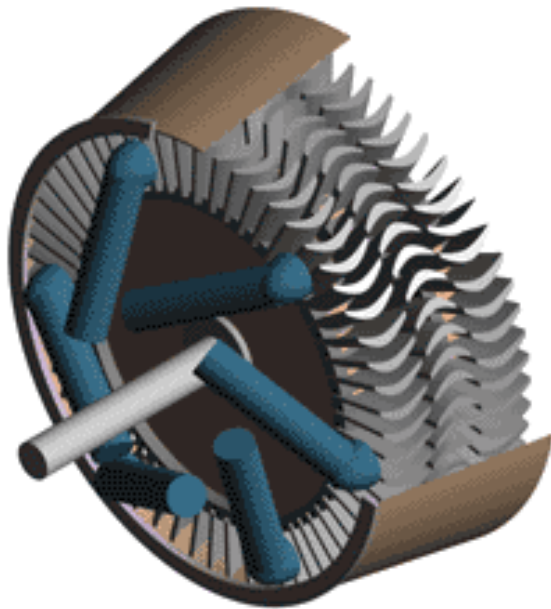

Marktübersicht Wärmekraftmaschinen



Workshop: Solarthermische Kraftwerke im
kleinen und mittleren Leistungsbereich

Fraunhofer ISE Freiburg

30.01.2008

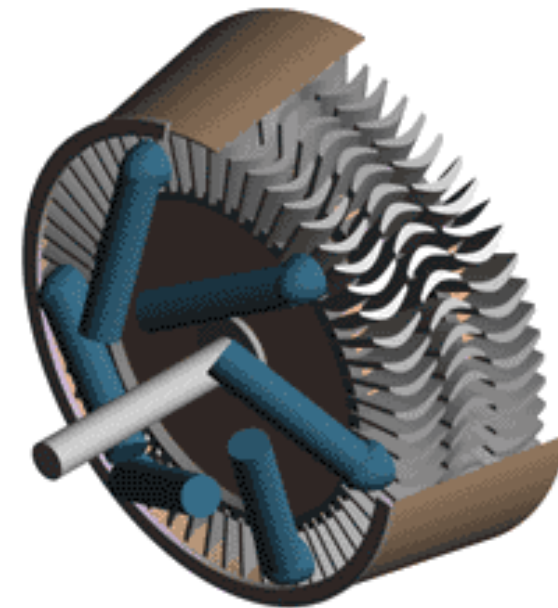
Werner Platzer /
Jakob Hagmann / Anton Neuhäuser

Wärmekraftmaschinen für solarthermische Kraftwerke

- o Turbinen
- o Schraubenmotor
- o Kolbenmotor
- o Zentrifugalkompressor
- o Andere Expansionsprinzipien?

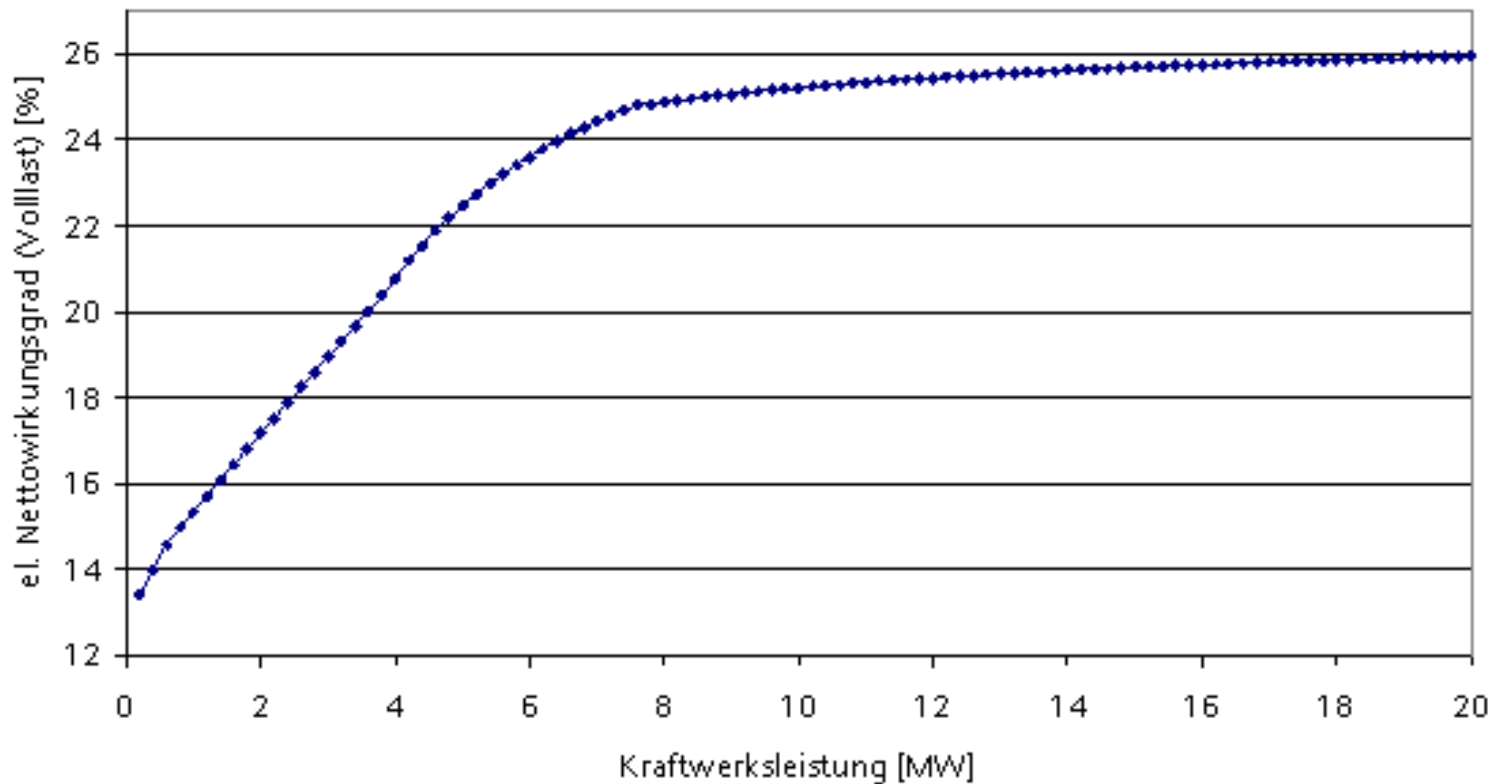
Dampfturbinen

- Leistungsbereich ab 250 kW_{el}
- Mehrere Hersteller
- Bewährte Technologie
- Empfindlich gegen Nassdampf
- Höhere Verluste bei kleinen Baugrößen
- Kompaktturbine

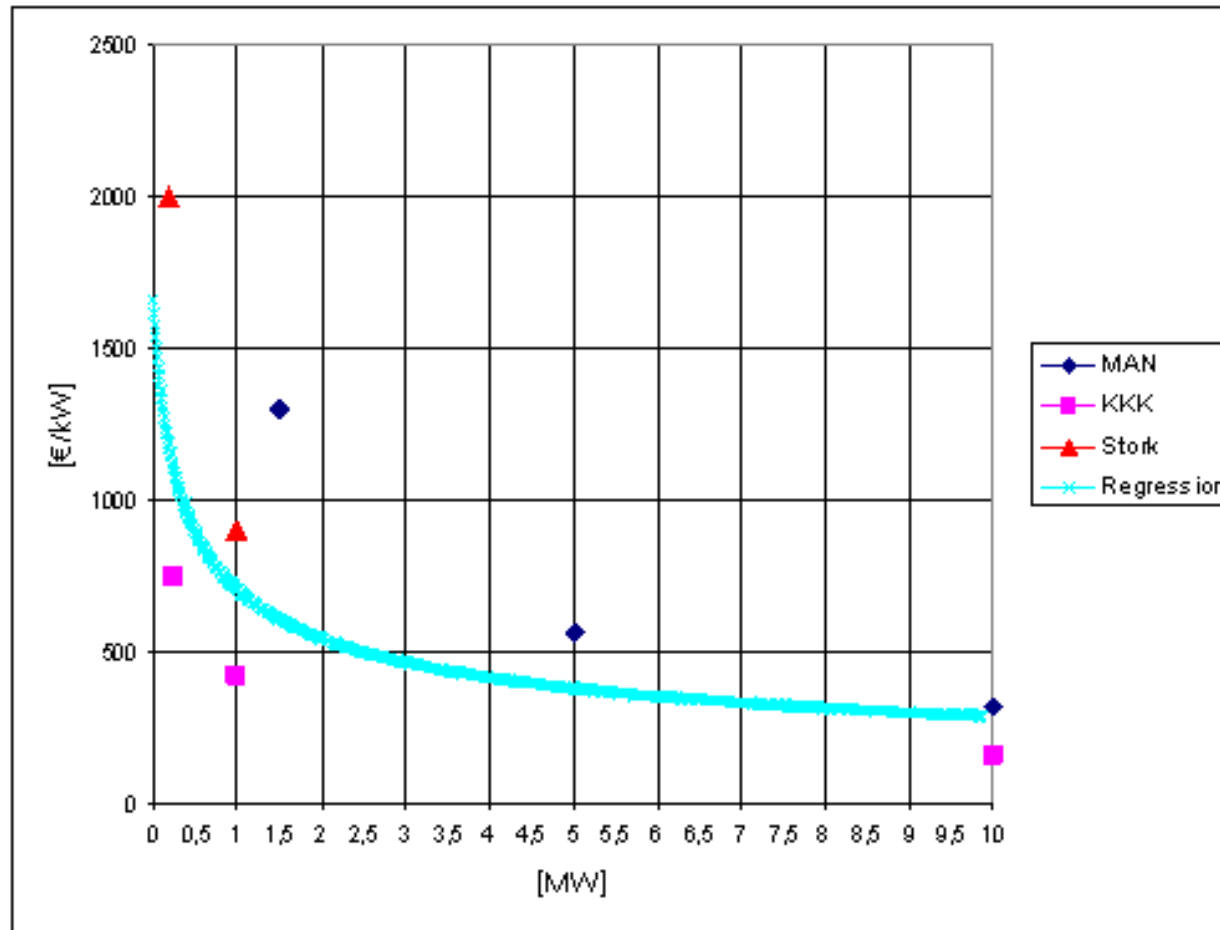


Größenabhängiger Wirkungsgrad

Beispiel: Sattedampfprozess mit Wasser als Medium bei 270 °C und 55 bar

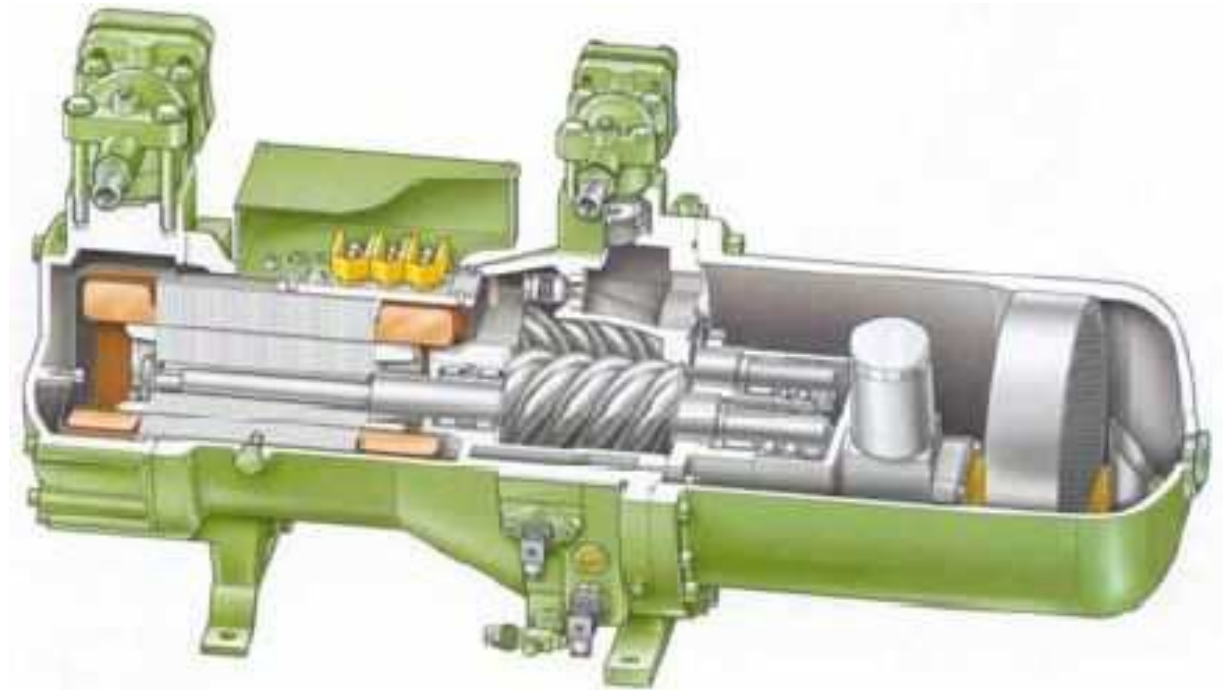
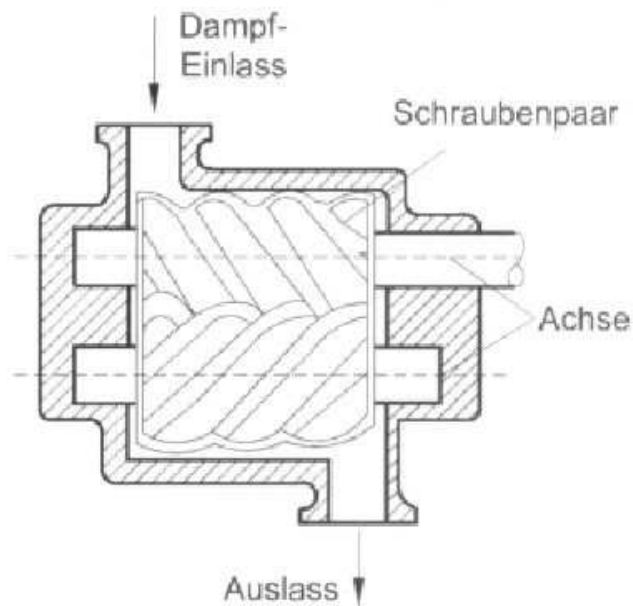


Investitionskosten Dampfturbosätze

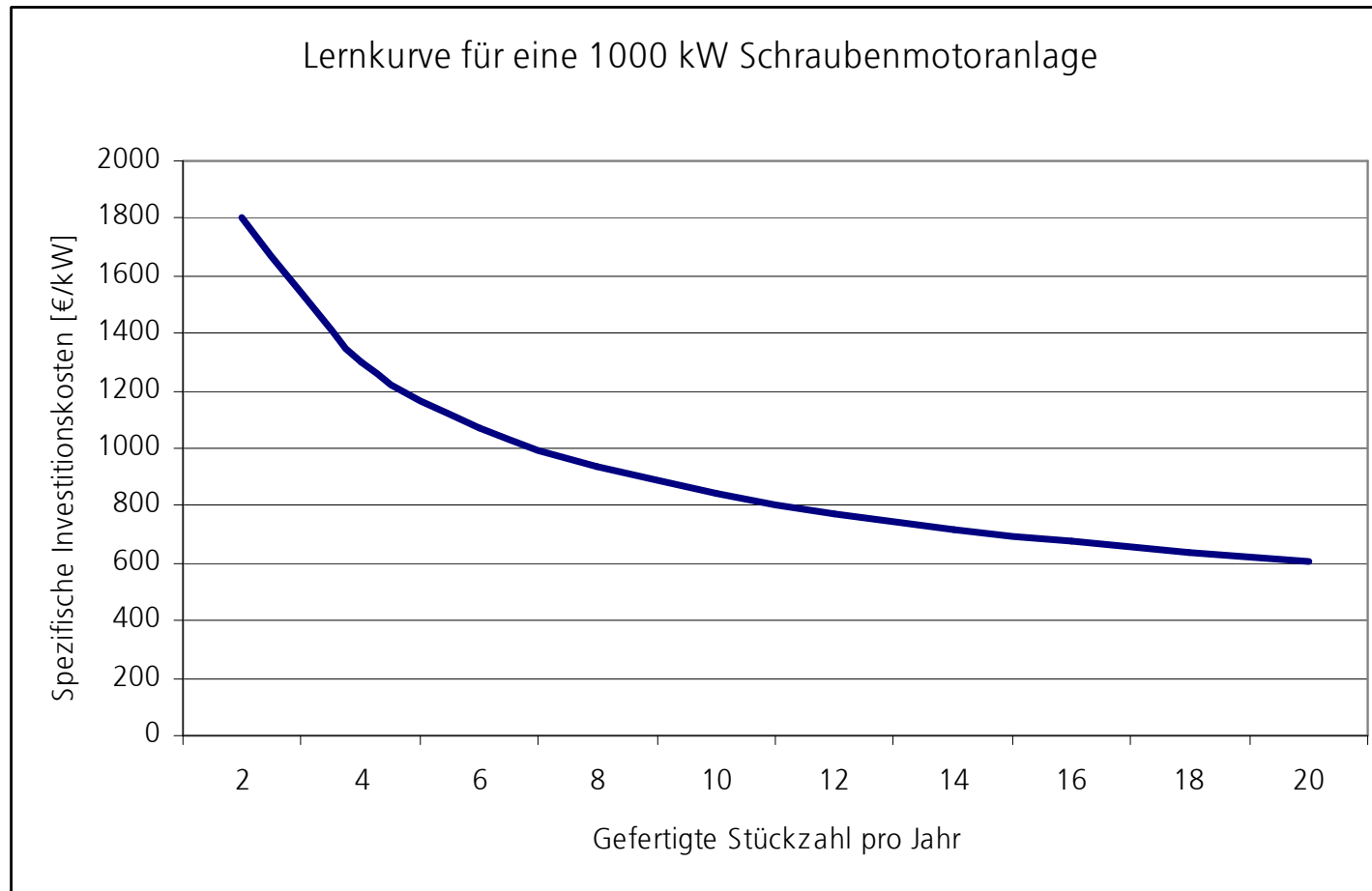


Schraubenmotor

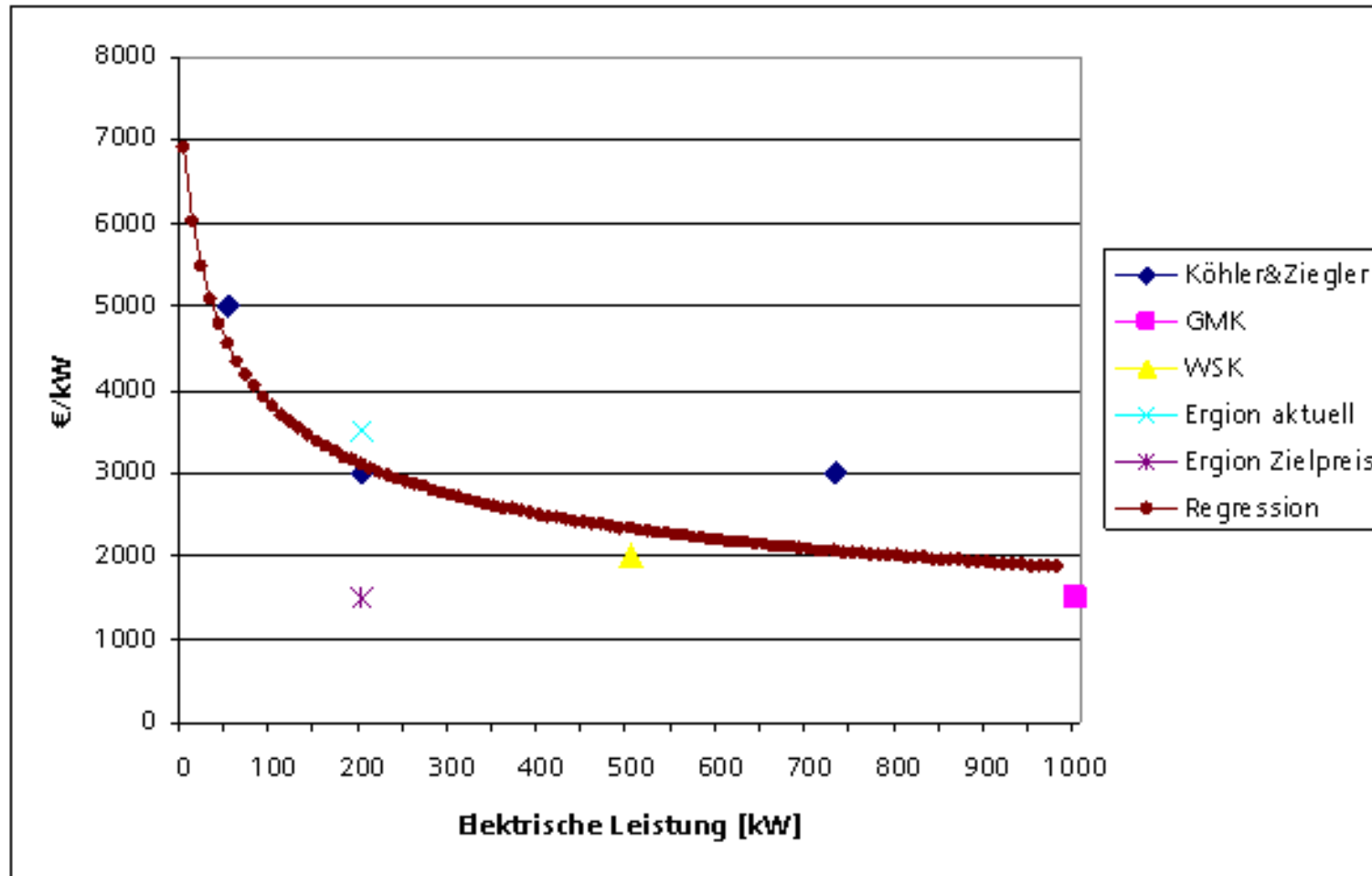
- Einsatz von Schraubenkompressoren , nassdampftauglich
- Leistungsbereich 100 – 200 kW_{el}, Entwicklungsprodukt



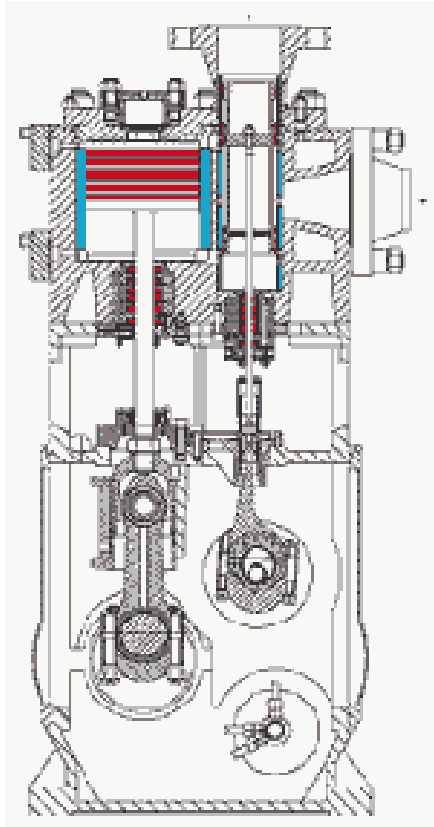
Prognostizierte Lernkurve



Spezifische Schraubenmotor-Kosten



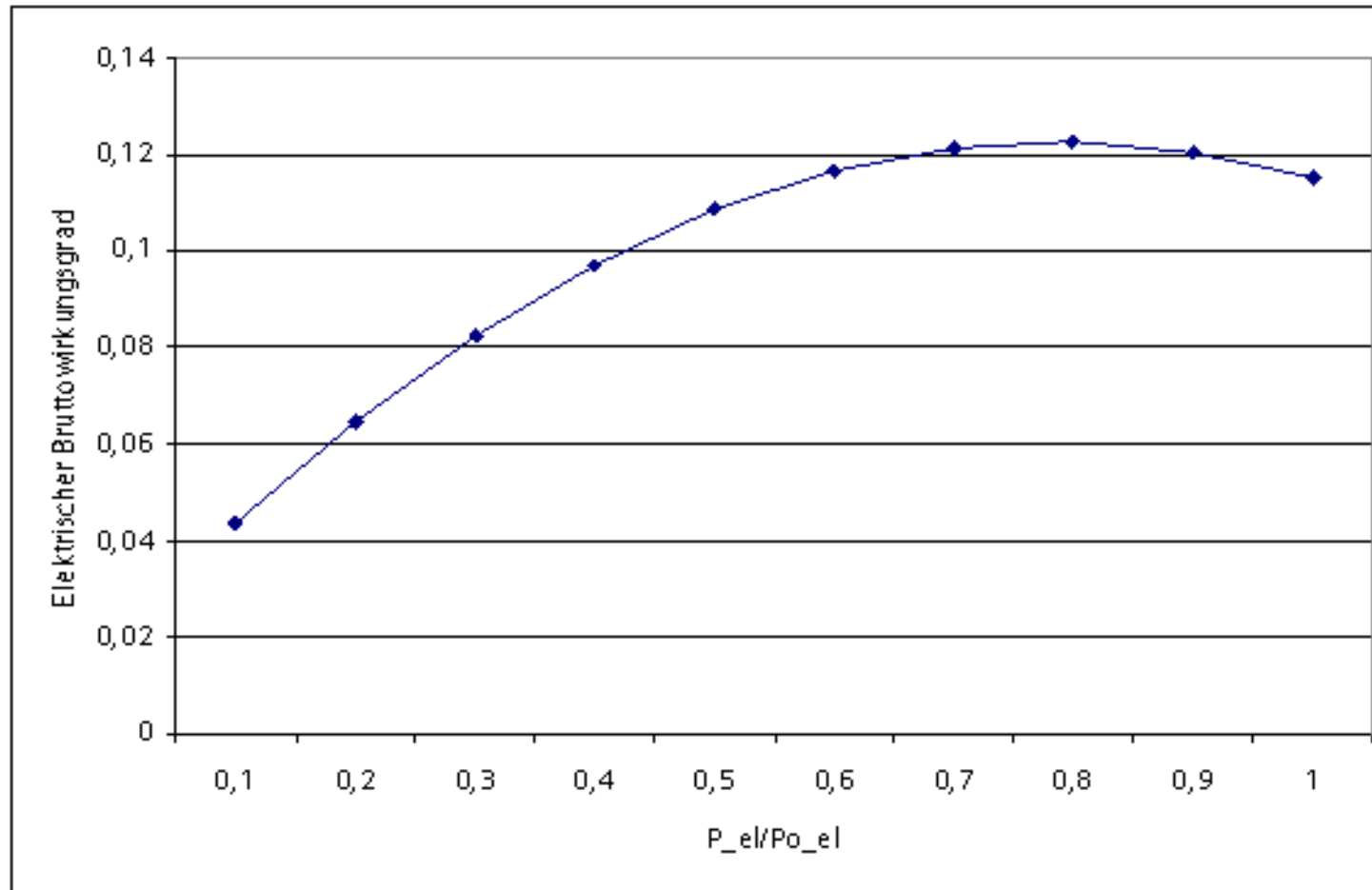
Kolbenmotor



- Leistungen von 25 bis 1.500 kW je Motor
- Hohe Nassdampfverträglichkeit
- Nur ein Hersteller

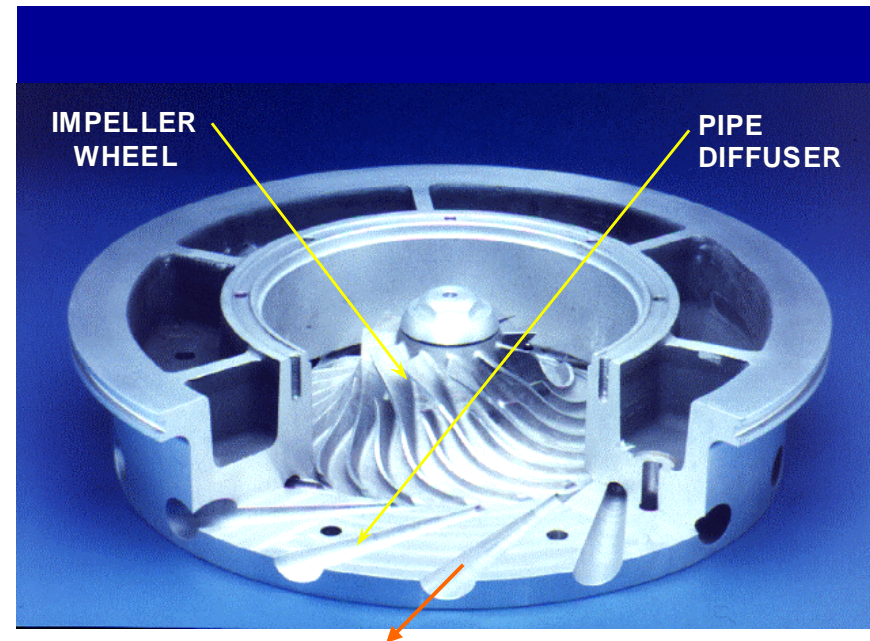


Teillastverhalten



Zentrifugalkompressor

- Kostengünstiger Einsatz eines Kaltwassersatzes bei geringerem Wirkungsgrad (~13%)



Teillastverhalten

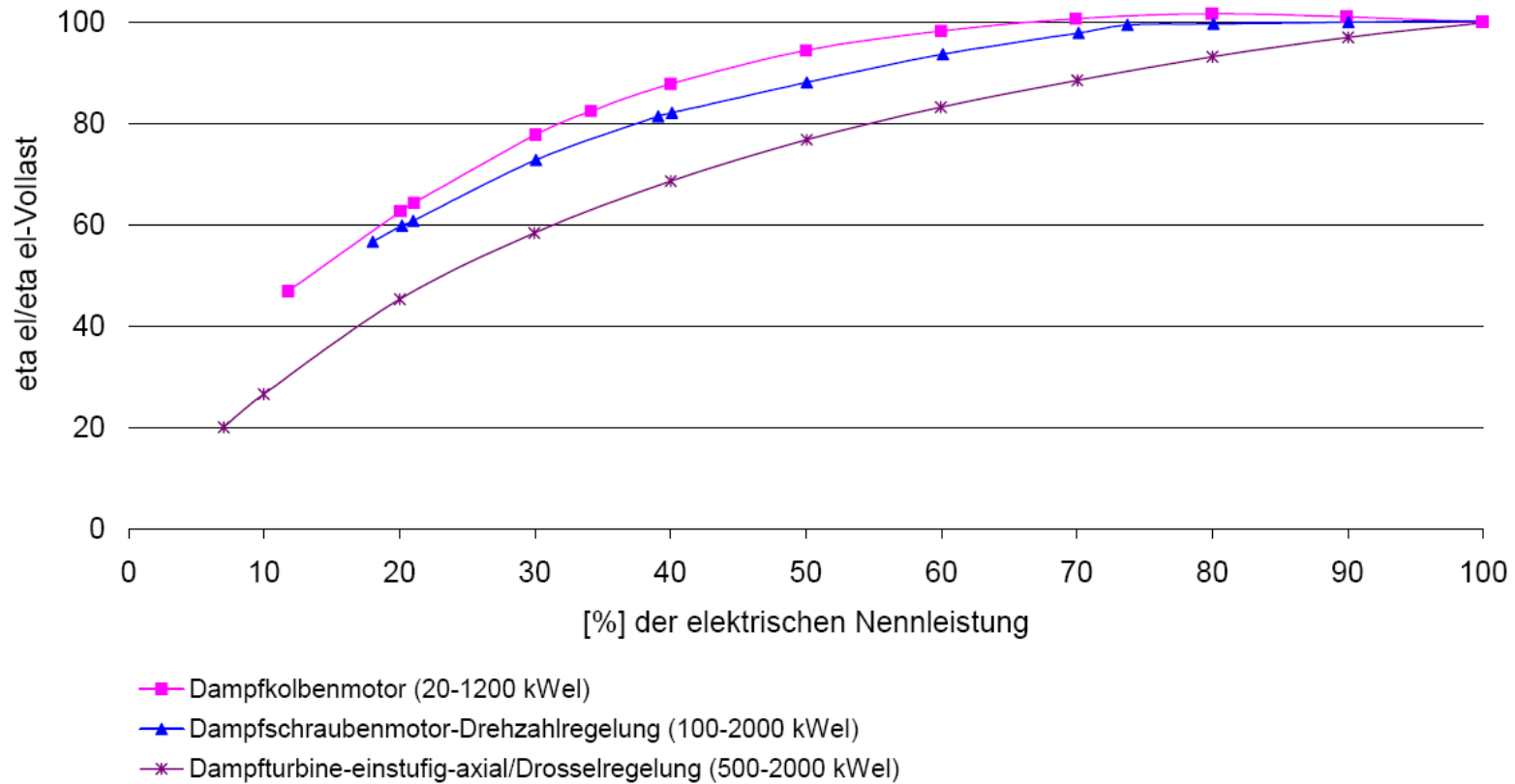


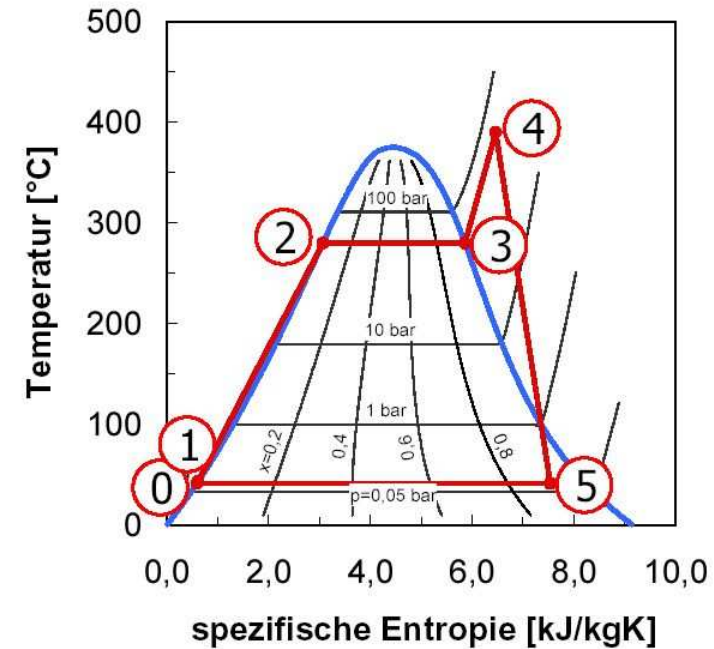
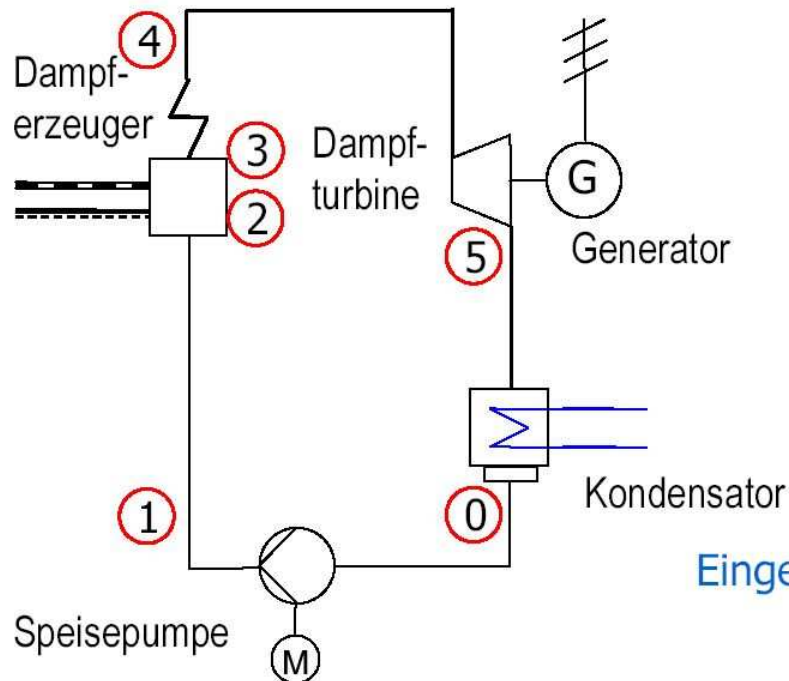
Abbildung 102: Teillastverhalten von Dampfmaschinen und –turbinen (Quelle: /Oberberger 1999/, Grafik: Fraunhofer UMSICHT)

Kreisprozesse / Arbeitsmedien

- Rankine Cycle (Wasser)
- Organic Rankine Cycle (→ORC) organisches Medium

Der Rankine Cycle

Der Clausius Rankine Cycle ist der am weitesten verbreitete Prozess zur Krafterzeugung



Eingesetzt im Leistungsbereich bis 1.500 MW...

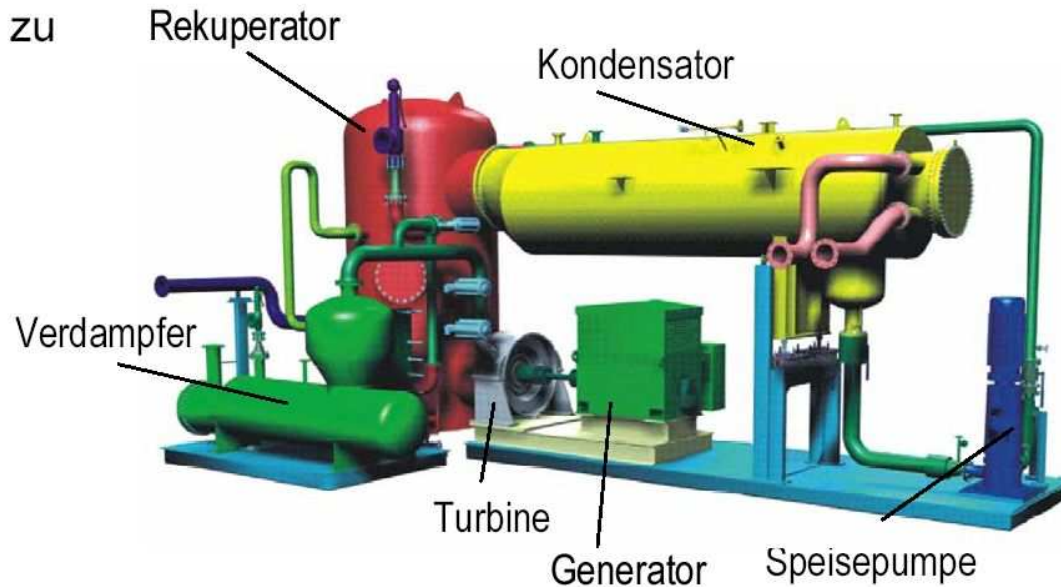
ORC-Turbinen/-Sätze

• Adoratec	315 - 1500 kW _{el}	270 – 320 °C	18%
• GMK mbH	100 - 1500 kW _{el}	275 °C	20%
• Turboden S.r.l	200 - 2000 kW _{el}	265 °C	18%
• Barber Nichols	10 - 2700 kW _{el}	265 °C	18%
• UTC Power	225 kW _{el}	75 °C	8%
• Adaturb GmbH	30-60 kW _{el}	270 °C	18%

ORC - Modul

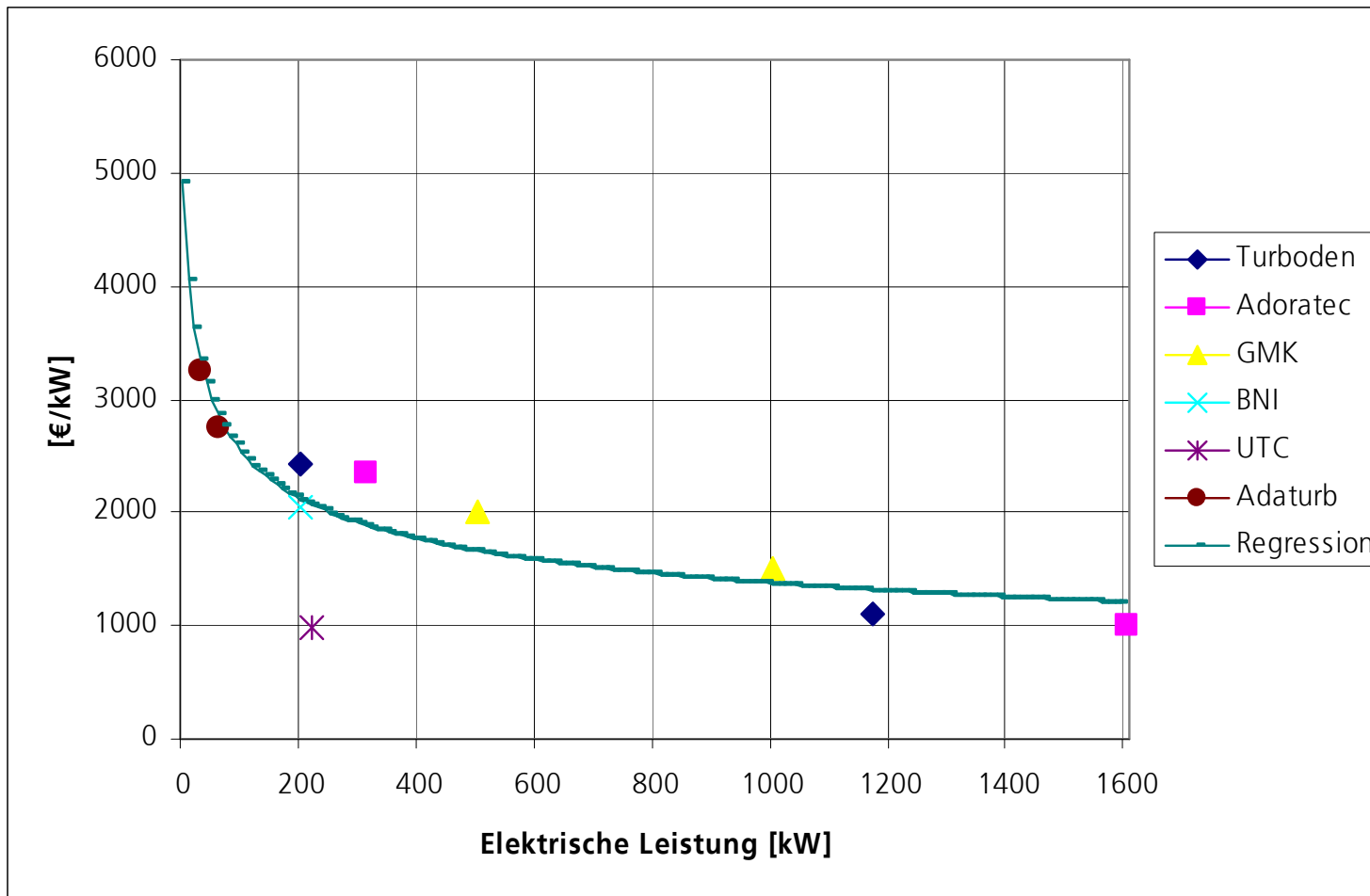
Beispiel: ORC Einheit von Turboden, Brescia, Italien

- Einheiten von 500 kW bis zu 2000 kW erhältlich
- Standardisiertes Produkt



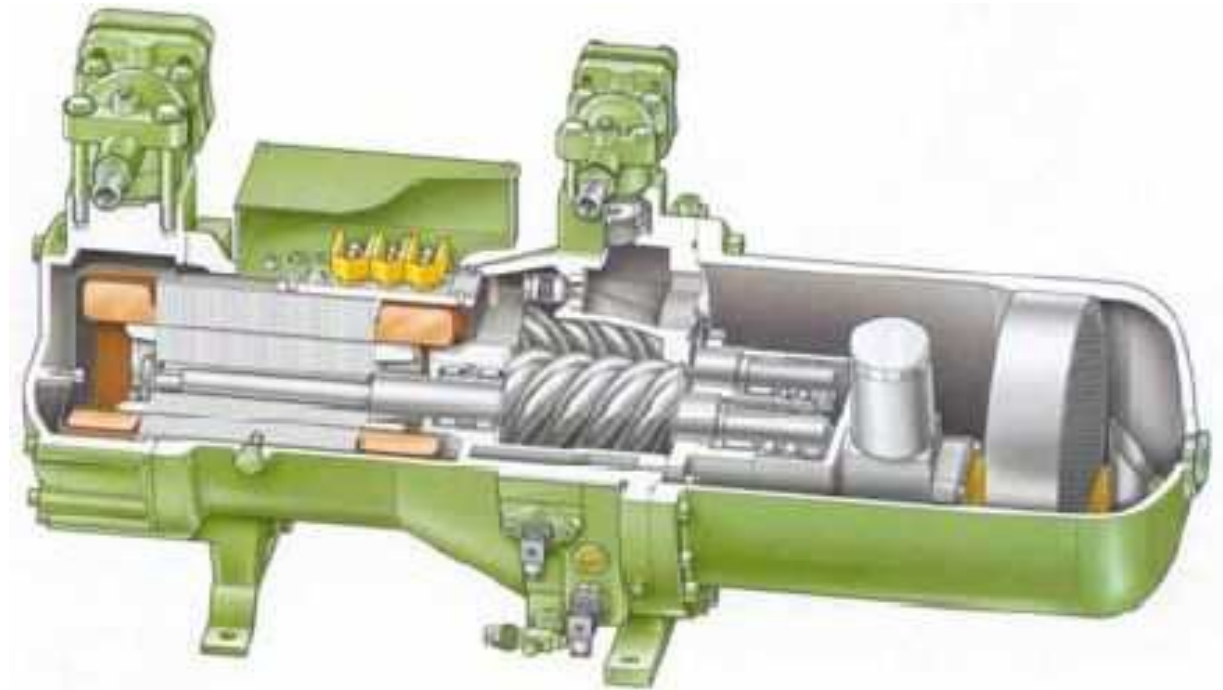
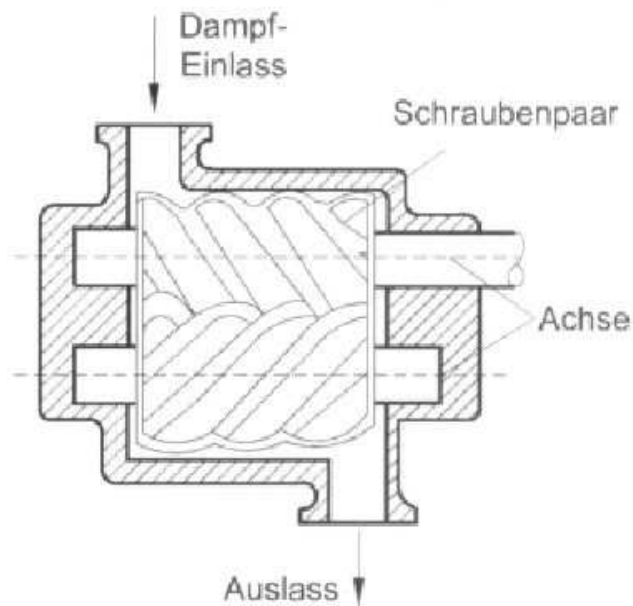
- Einheiten werden komplett montiert zum Heizkraftwerk geliefert

Spezifische ORC-Turbinen-Kosten



ORC-Schraubenmotor

- Einsatz von Schraubenkompressoren
- Leistungsbereich 50 – 200 kW_{el}, Isobutan



Ausblick

- Niedrigere Wirkungsgrade bei kleineren Anlagengrößen sind technisch bedingt (Spaltverluste bei Turbinen)
- Leistungsspezifische Kosten (200 kW_{el}) uneinheitlich:

Turbinen	700 – 2000 €/kW
Dampfschraube	3000 – 3500 €/kW
Dampfmotor	900 – 1100 €/kW
Zentrifugalkompressor	600 – 800 €/kW
ORC-Turbine	2000 – 2500 €/kW

Ausblick

- Leistungsspezifische Kosten (700 kW_{el}) uneinheitlich:

Turbinen	1250 €/kW	19%
Dampfschraube	2100 €/kW	13%
Dampfmotor	1000 €/kW	12%
Zentrifugalkompressor	700 €/kW	
ORC-Turbine	1500 €/kW	18%

ORC und Wasserdampf als Kreislaufmedium

