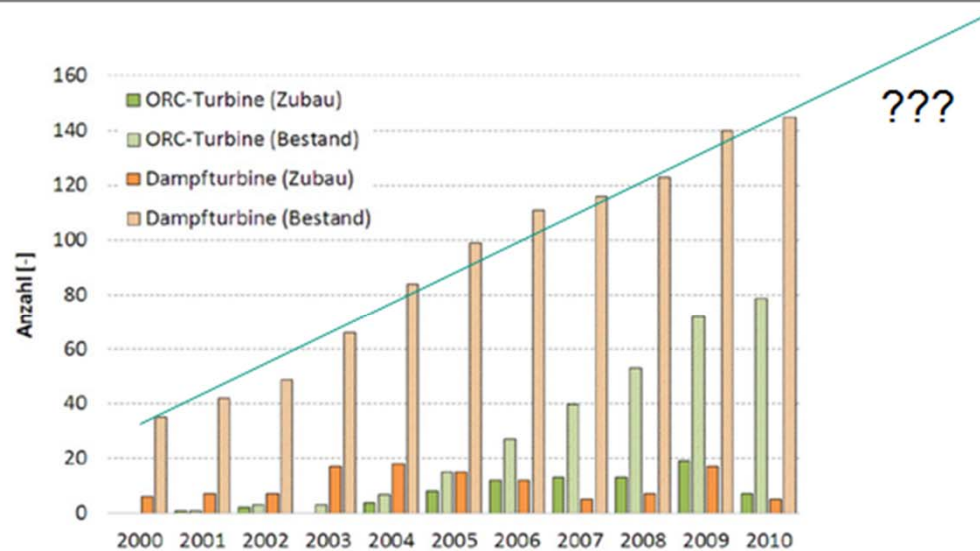


Systemanalytische Untersuchung der energetischen Nutzung von holzartigen Rest- und Abfallstoffen

Ökobilanzwerkstatt 2012
Kirsten Biemann

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Zentralabteilung Technische Stoffströme



Quelle:
Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-
Energien- Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der
Stromerzeugung aus Biomasse, März 2011

Motivation und Inhalt

- Große Bandbreite an konkurrierenden Biomasse-Konversionstechnologien
 - Konkurrenz zwischen den verschiedenen energetischen Verwertungsmöglichkeiten von Biomasse
- Starker Zuwachs der dezentralen Wärme- (und Strom)bereitstellung aus Biomasse
 - Trend wird sich weiter fortsetzen
- Robuste Daten zu den Umweltauswirkungen der verschiedenen Konversionspfaden benötigt
 - Vielfalt an (LCA-) Studien die jedoch auf Grund von Modellierungsunterschieden nicht direkt vergleichbar sind
 - Schematischer Ansatz zur Literaturbewertung und Auswahl
- Bisher nur cradle to gate Betrachtung
 - Einbindung der Wärmeverteilung zum Kunden in die Modellierung

Der Organic Rankine Cycle als Beispieltechnologie

- Clausius Rankine Prozess (wie Dampfturbine)
 - Verwendung eines organischen Arbeitsmediums mit einer niedrigeren Siede- bzw. Kondensationstemperatur als Wasser
 - Nutzung von Wärme auf niedrigem Temperatur- und Druckniveau zur Stromerzeugung
- Biomassegefeuerte ORC Anlagen:
 - Anlagengröße zwischen 200 kW_{el} und 1,5 MW_{el}
 - Betrieb als (wärmegeführte) Kraft-Wärme- Kopplungs- Anlage
 - Dezentrale Energieversorgung mit ausreichend Wärmeabnehmern
 - Standort: holzreiche Regionen

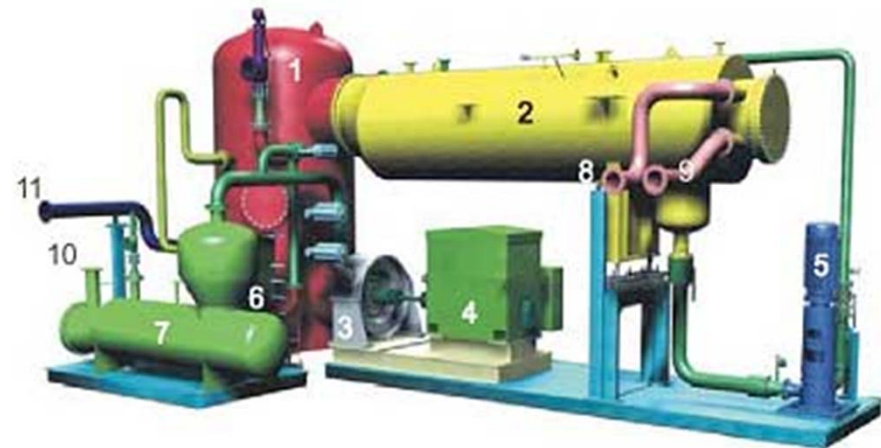


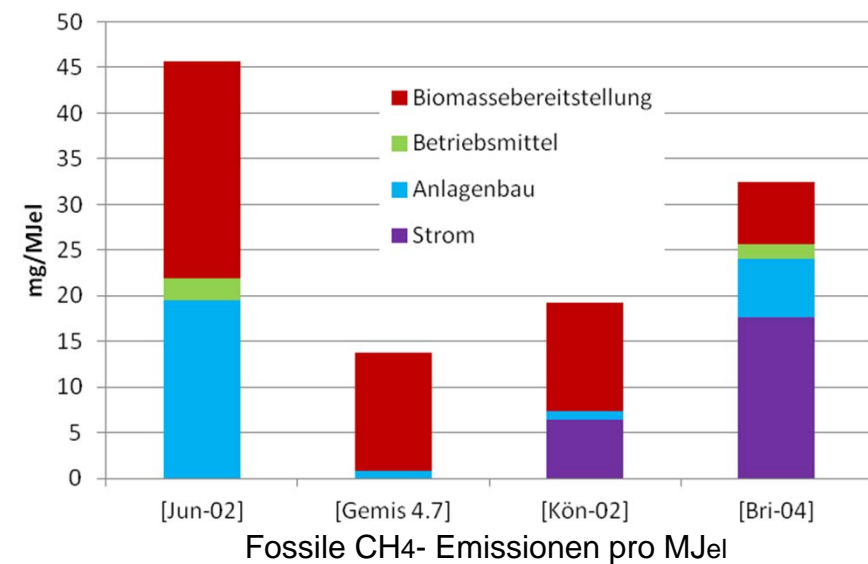
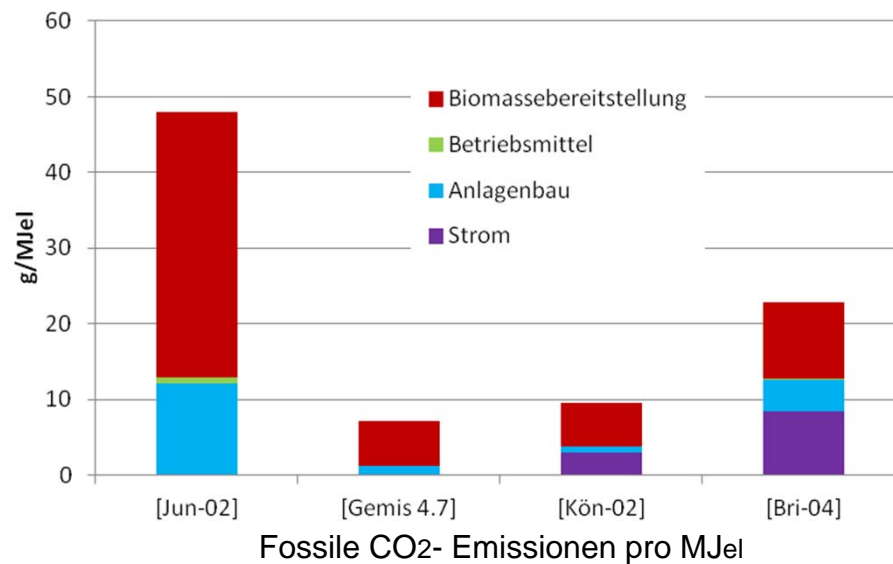
Abb. 3.3/2 Grafische Darstellung eines 1 MW ALDAVIA ORC-Moduls

1. Regenerator	2. Kondensator	3. Turbine	4. Generator
5. Umwälzpumpe	6. Vorwärmer	7. Verdampfer	8. Fernwärme VL
9. Fernwärme RL	10. Thermoöl VL	11. Thermoöl RL	

Quelle: <http://www.axavia.com/aldavia/index.php?id=10>

Ergebnisse verschiedener Literaturstudien

- ORC- Anlage mit exergetischer Allokation
- Vorkette aus BioEnergieDat/ ecoinvent bzw. Gemis 4.7
 - Sehr große Bandbreite an Ergebnissen!
- Woher kommt dies?
 - Modellierungsunterschiede!
 - Höchster Brennstoffbedarf (kleinste Anlagengröße) in [Jun-02]
 - Strom wird nicht betrachtet in: [Jun-02] und [Gemis 4.7]



Schematische Herangehensweise zur Literaturlauswahl

Vorgehensweise:

1) *Beschreibung der Technologie*

- Beschreibung der Prozesskette
- Herausarbeitung möglicher Hauptumweltlasten

2) *Überblick über die vorhandene (LCA) Literatur*

- Beschreibung der Datenherkunft

3) *Kriterien zur Bewertung der Datenqualität*

- Beschreibung der Indikatoren und ihrer Soll- Zustände (“best practice”)
- Soll- Ist- Vergleich um Defizite herauszuarbeiten

4) *Bewertung der Datenqualität und Vorschlag zur Modellierung*

- Ausfüllen der Pedigree Matrix
- Vorschlag zur Vorgehensweise

Literaturauswahl: Soll- Ist- Vergleich

Indikator	Soll- Zustand	Ist- Zustand	Defizit	Daten- quelle
Systemgrenzen	<ul style="list-style-type: none"> • cradle to grave • Abschneidekriterien 	<ul style="list-style-type: none"> • cradle to grave 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Abschneidekriterien 	[Jun-02]
		<ul style="list-style-type: none"> • gradle to grave • Anlagenbau: nur Stahl 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Abschneidekriterien 	[Gemis]
		<ul style="list-style-type: none"> • cradle to grave • Abschneidekriterium: 0,1% der Energie/ Emissionen • Grobe Abschätzung für Anlagenbau 	-	[Kön-09]
		<ul style="list-style-type: none"> • cradle to grave 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Abschneidekriterien 	[Bri-04]
Allokation	<ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Allokation 	<ul style="list-style-type: none"> • Exergetische Allokation 	-	[Jun-02], [Kön-09], [Bri-04]
		<ul style="list-style-type: none"> • Energetische Allokation 	-	[Gemis]
Elementarflüsse	<ul style="list-style-type: none"> • Emissionen in Wasser, Boden und Luft • Biogene Emissionen • Ressourcen • Landnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissionen in Wasser, Boden und Luft • Ressourcen • Landnutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • kein biogenes CO₂ 	[Jun-02] [Gemis]
		<ul style="list-style-type: none"> • fossile GHG (CO₂, SO₂, CH₄) 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine biogene Emissionen • Keine Emissionen in Wasser/ Boden • Keine Ressourcen • Keine Landnutzung 	[Kön-09]
		<ul style="list-style-type: none"> • Emissionen in die Luft • Ressourcen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine biogene Emissionen • Keine Emissionen in Wasser/ Boden 	[Bri-04]

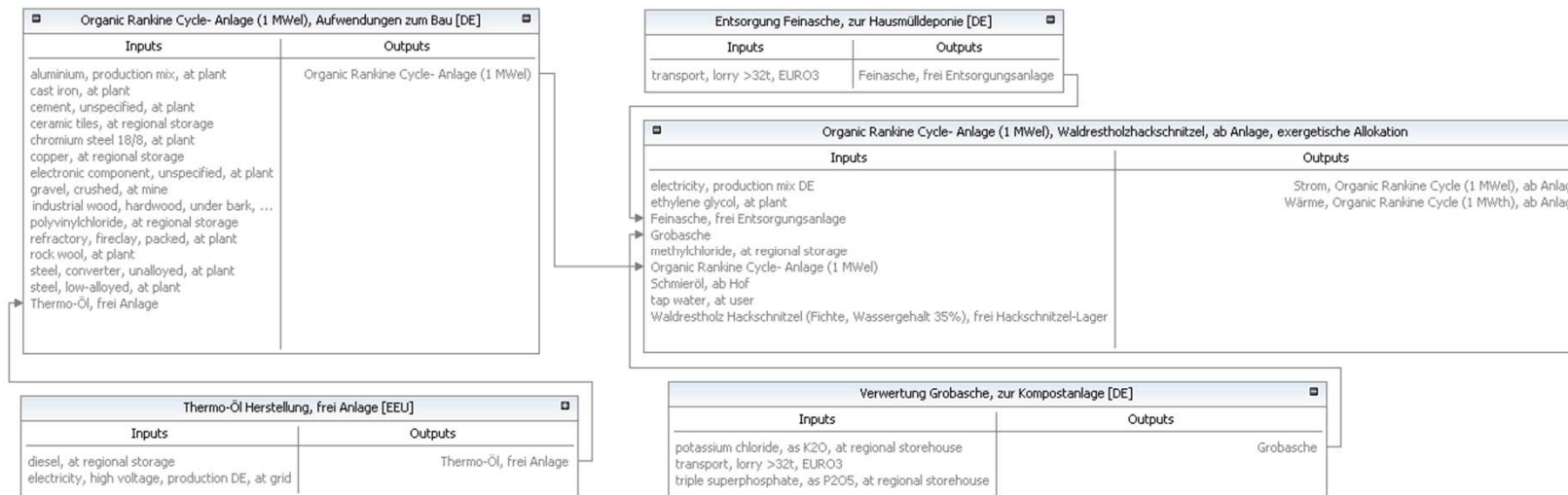
Literaturauswahl- Bewertung

■ Pedigree Matrix nach Weidema und Wesnaes 1996:

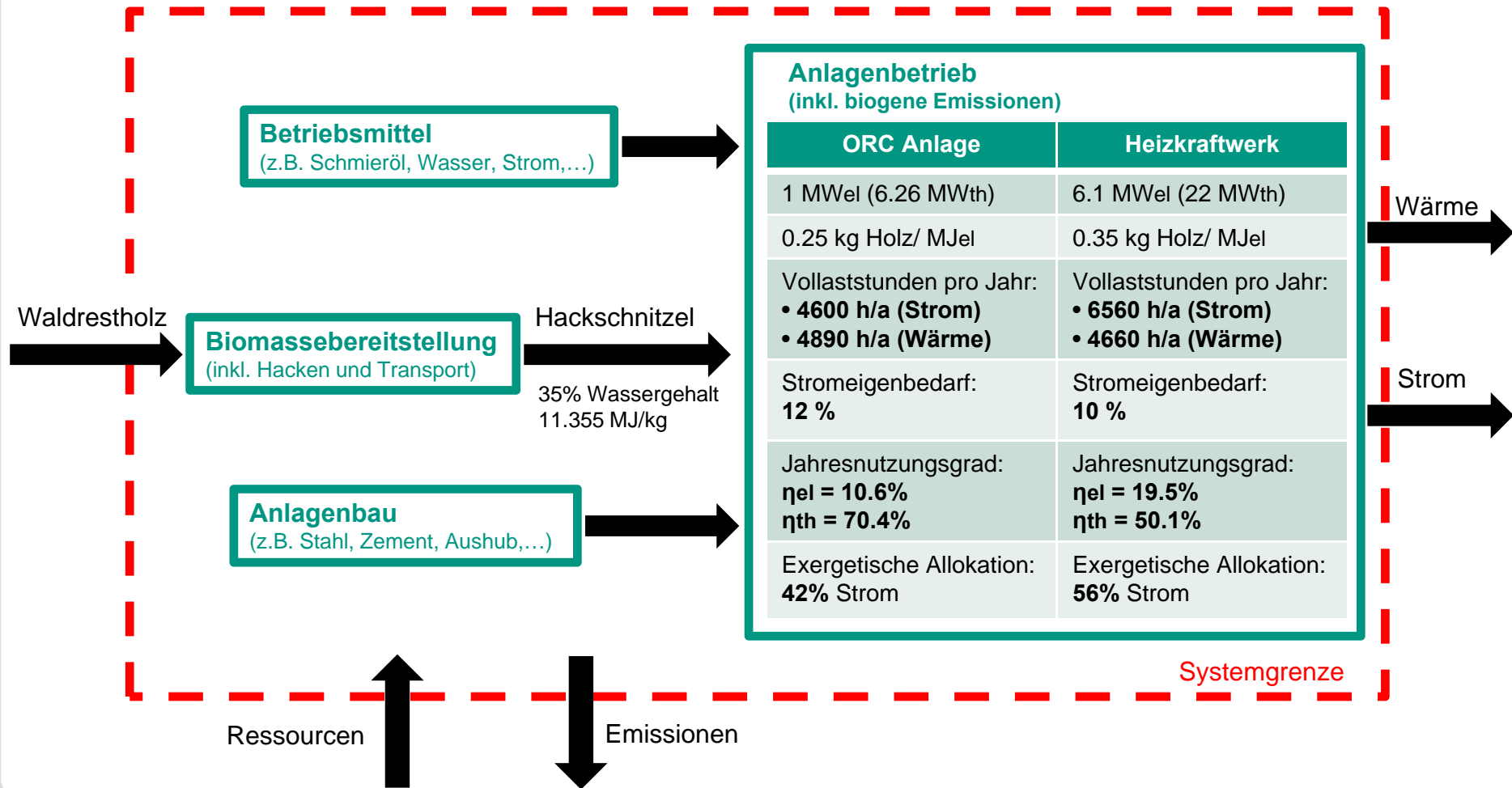
Datenquelle	Verlässlichkeit	Vollständigkeit	Zeitl. Korrelation	Geogr. Korrelation	Techn. Korrelation
[Jun-02]	1	4	3	3	1
[Gemis]	2	?	1 (3)	1	1
[Kön-09]	2	2	1 (3)	1	2
[Bri-04]	2	2	3	1	2

■ Vorschlag zur Modellierung:

- Kombination zwischen [4] (Anlagenbau, Betriebsmittel, Brennstoffmenge und Eigenstrombedarf) und [2] (Emissionen aus der Biomassefeuerung)

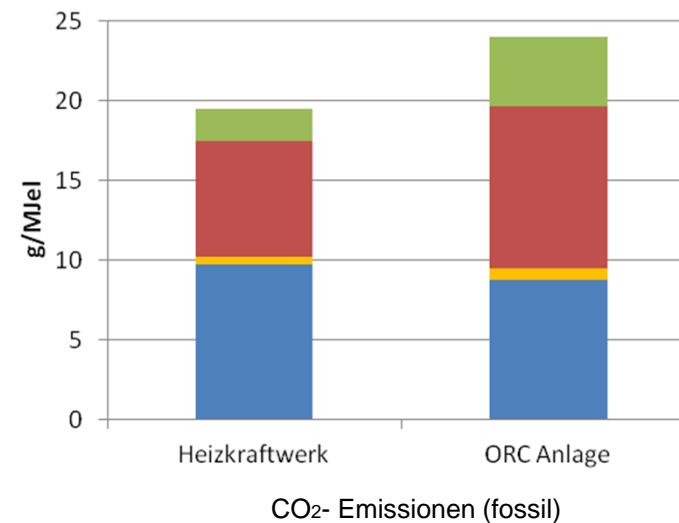
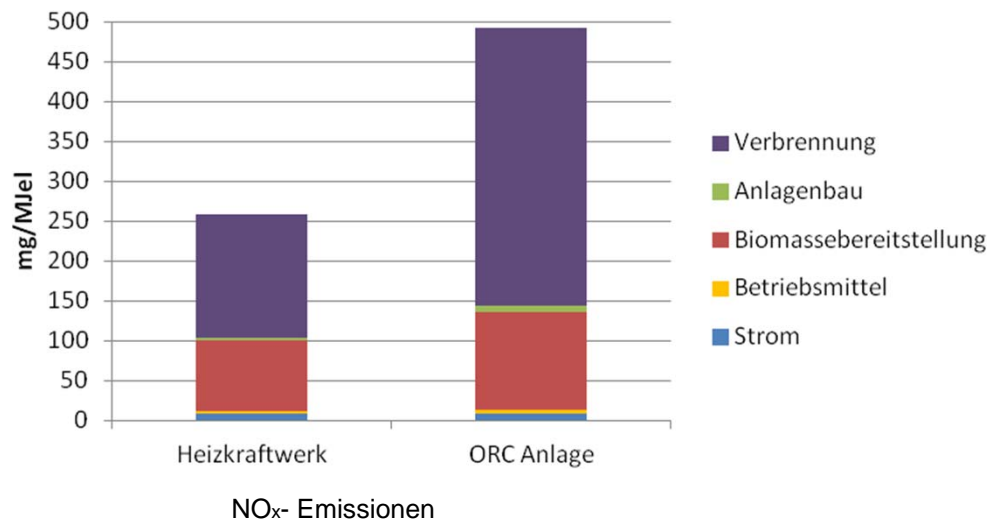
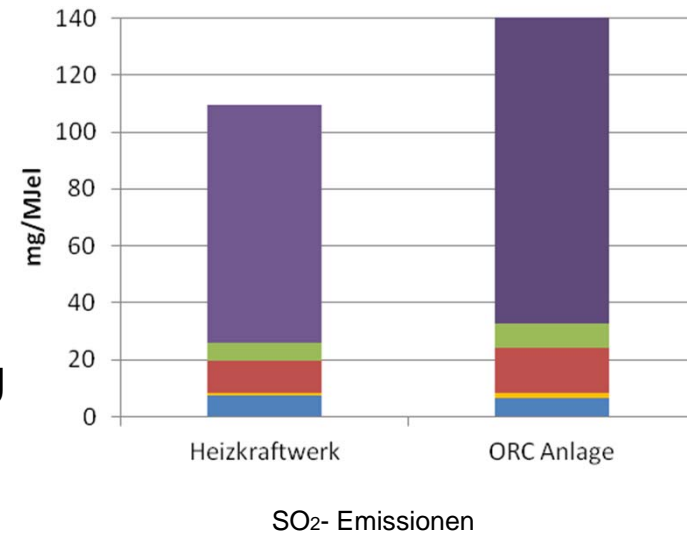


Modellierte Prozessketten



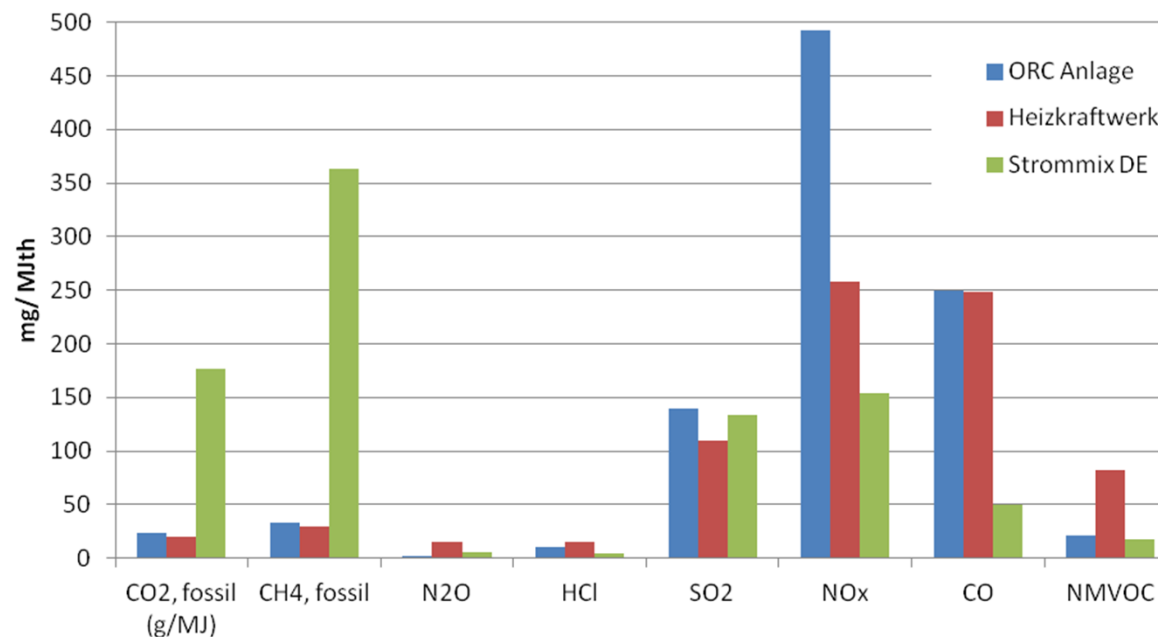
LCI Ergebnisse der ORC Anlage

- Gesamtnutzungsgrad hoch
 - geringer elektrischer Wirkungsgrad
 - hoher Eigenstrombedarf
- Unterteilung in Lebenswegabschnitte
 - Hauptumweltlasten aus der Verbrennung
 - großer Einfluss des Eigenstrombedarf
 - Biomassebereitstellung wichtig



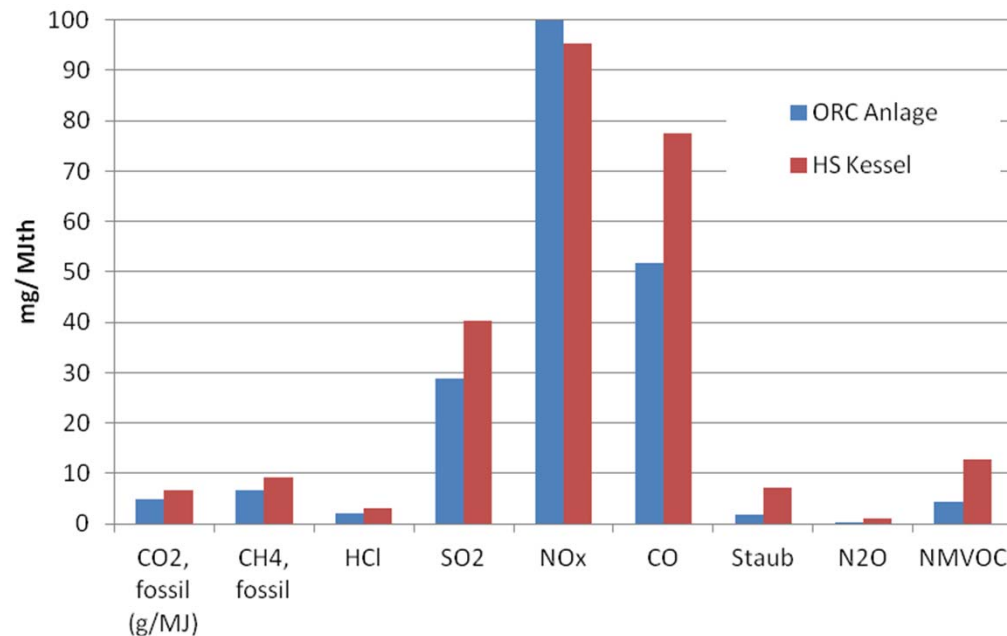
Vergleich: ORC Anlage und Heizkraftwerk

- Höhere Feuerungsemissionen für ORC Anlage
 - Niedrigere Verbrennungstemperaturen
 - Kleinere Anlage (schlechtere Verbrennungsparameter)
- Hohe Treibhausgaseinsparungen im Vergleich zum deutschen Strommix aus ecoinvent
 - Teilweise höhere sonstige Emissionen



Vergleich: ORC Anlage und HS- Kessel

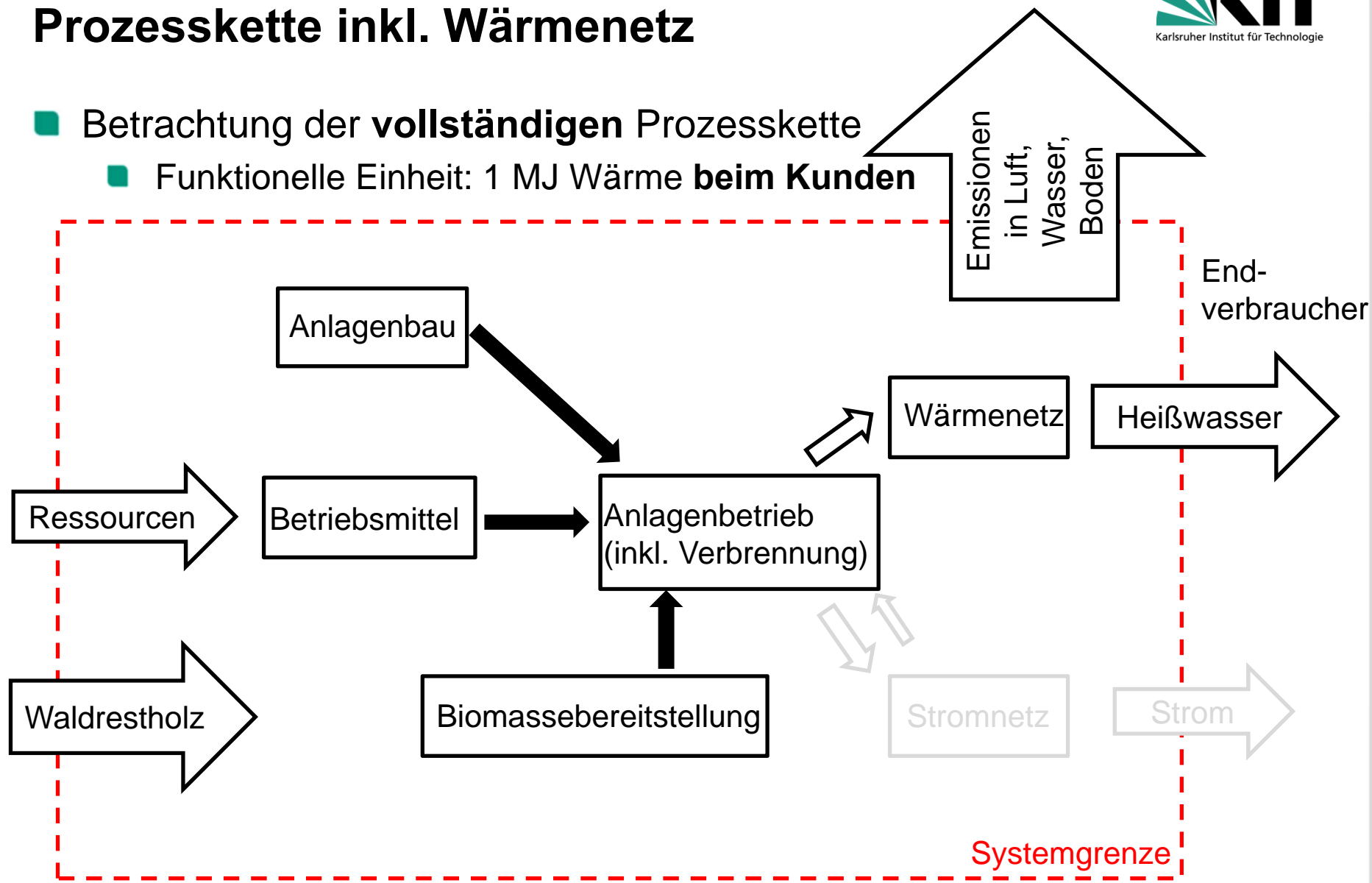
- Hackschnitzelkessel mit 0,8 MW_{th} (Waldrestholz)
 - Prozess aus BioEnergieDat
 - Gleiche Vorkette



- Kraft- Wärmekopplung (ORC) besser als reine Wärmebereitstellung aus Holz (Hackschnitzelkessel)

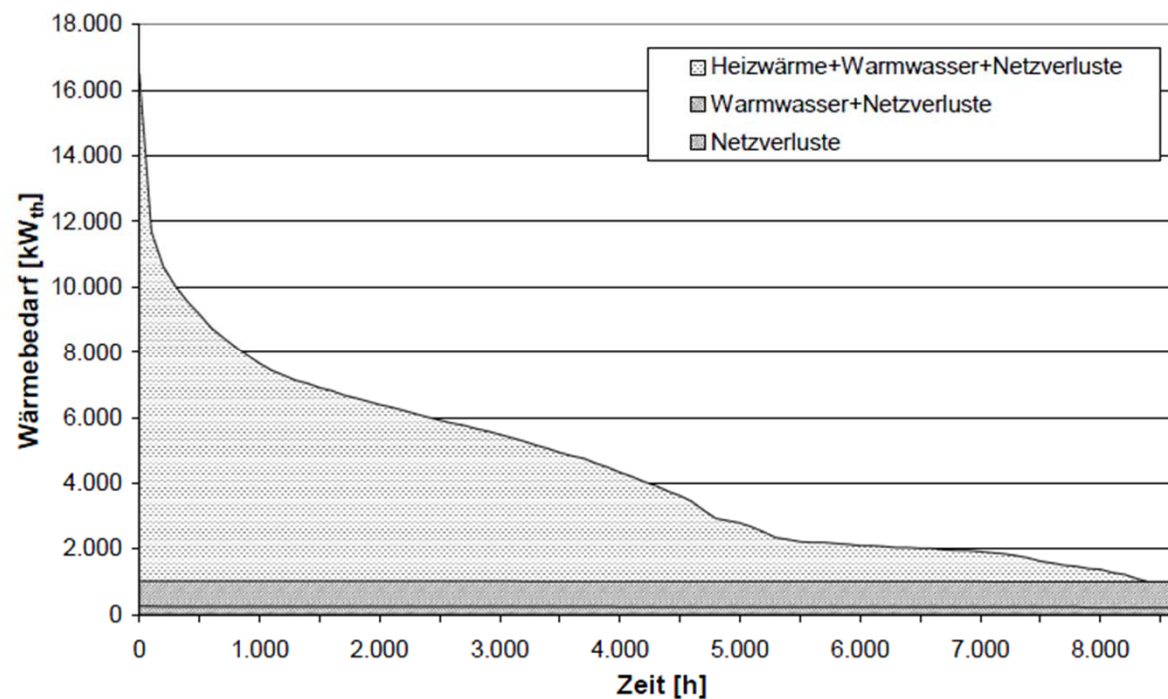
Prozesskette inkl. Wärmenetz

- Betrachtung der **vollständigen** Prozesskette
 - Funktionelle Einheit: 1 MJ Wärme **beim Kunden**



Modellierung des Wärmenetz I

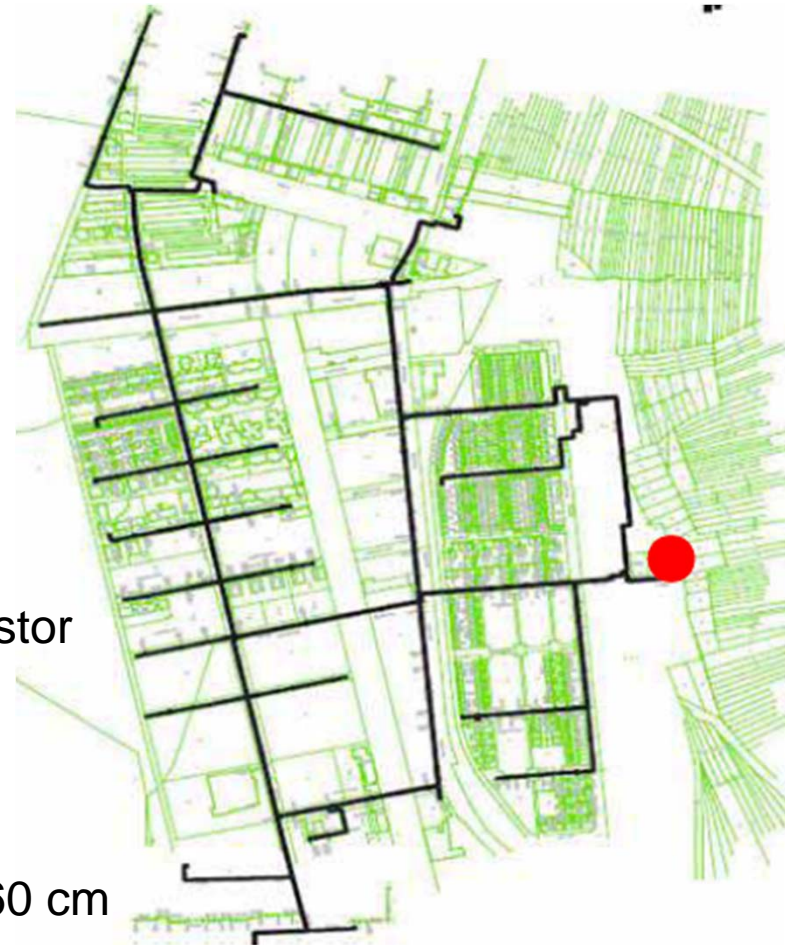
- Anlehnung an den Scharnhauser Park
 - ORC Anlage mit 1 MW_{el}
 - 10 MW Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung (aus Gemis 4.7)
 - Gesamtwärmebedarf: 37.700 MWh (davon ORC: 30.611 MWh)
 - Wärmeverluste: 286 kWh/a



Jahresdauerlinie des
Wärmenetzes [Bri-04]

Modellierung des Wärmenetz II

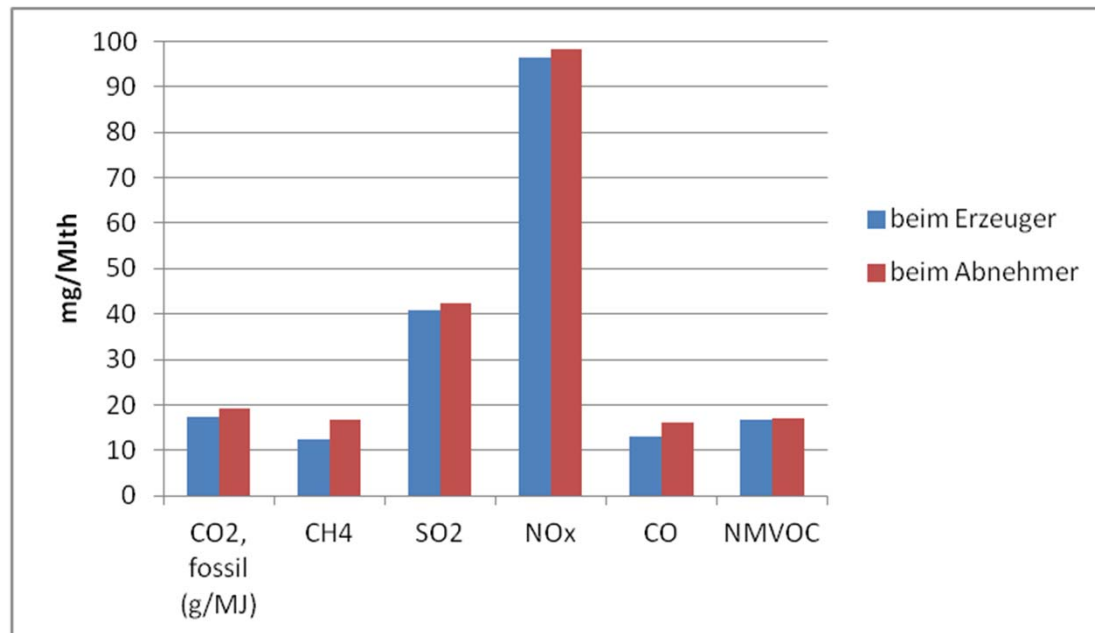
- Strombedarf für 3 Pumpen (je 18,5 kW)
 - 365 Tage/Jahr Volllast
- Wassermenge im Netz: 280.000 kg
 - 5% Wasserverlust pro Jahr
- Lebensdauer des Netzes: 30 a
- 13,5 km Rohre
 - Ringleitungen: 2x2,7 km DN 300
 - Stichleitungen: 2x3,1 km DN125
 - Hauszuleitungen: 2x1km DN 25
 - Durchmesser und Wanddicke nach logstor
KMR Dämmserie 2
- Aushub
 - Abstand der Rohre: 10 cm
 - Abstand zw. Rohr und Straßendecke: 60 cm



Quelle: http://www.duh.de/uploads/media/6_Fink_291107_01.pdf

Vergleich mit und ohne Wärmenetz

- Einfluss des Wärmetransports zum Endkunden hat nennenswerten Einfluss auf die Ökobilanz



- Bisher nur grobe Abschätzung!
- Reale Lasten müssten noch höher sein

Herausforderungen

- Wärmenetz lässt sich nicht generisch modellieren sondern nur anhand eines Praxisbeispiels (Beispielregion) oder eines fiktiven Netzes
- Weitere Daten benötigt:
 - Pumpen laufen nicht nur Vollast
 - Aufteilung der verschiedenen Rohrarten auf die Teilstrecken
 - Weitere Einbauten (Knicke, Ausdehngefäß,...) fehlen