

Kraftwerke im Klimawandel – Auswirkungen auf die Erzeugung von Elektrizität

**12. Symposium-Energieinnovation „ALTERNATIVEN
FÜR DIE ENERGIEZUKUNFT EUROPAS,, Graz, 16.2.2012**

DI (FH) Michael Wanek

Fachhochschule JOANNEUM Gesellschaft mbH
Energie, Verkehrs- und Umweltmanagement



Inhalt

- Einleitung
 - **Ausgangslage**
 - **Zielsetzung des Projekts**
- Methoden
- Ausgewählte Ergebnisse
 - **Klimawandel - Rahmenbedingungen**
 - **Wasserkraftwerke**
 - **Thermische Kraftwerke**
 - **Simulationsmodell**
- Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Ausgangslage

Ausgangslage

- Elektrizitätserzeugung in Österreich erfolgt in einem Hydro-Thermischen-Kraftwerksverbund.
- Klimawandel manifestiert sich in unseren Breiten primär durch einen Anstieg der Umgebungstemperaturen und einer Verschiebung der Niederschlagsereignisse.
- Klimaauswirkungen sind jeweils für sich, und teilweise nur qualitativ bekannt.
- Es fehlte eine einheitliche, technologieübergreifende Datenbasis mit der auch die Wechselwirkungseffekte in einem hydrothermischen Kraftwerksverbund simuliert werden können.

Zielsetzung des Projekts

Datensammlung zu Klimawandel und Kraftwerken

- Identifikation und Quantifizierung der Klimaeffekte, die unmittelbare Auswirkungen auf den Kraftwerksbetrieb haben.
- Klimawandelbedingte Änderungen des Energieverbrauchs
- Legistische und energiepolitische Randbedingungen
- Daten zur Technologie der Wasserkraftwerke
- Daten zur Technologie der thermischen Kraftwerke

Datenabgleich und Modellbildung

- Abgleich der Daten zu den Kraftwerkstechnologien
- Auswertung für Kennlinien
- Erstellung eines Simulationsmodells
- Identifikation eines „relevanten Klimaszenarios“
- Beispielhafte Anwendung des Simulationsmodells

Methoden

Datenabgleich und Modellbildung

- **1. Datenerhebung**
 - Analyse und Recherche (Erstellung der Datenbasis)

- **2. Entwicklung eines Simulationsmodells**
 - Komponentenmodelle unterteilt nach Wasser- und Thermischen Kraftwerke

- **3. Beispielhafte Anwendung und Evaluierung**
 - Aufbau des Simulationsmodells anhand einer beispielhaften Kraftwerkskette

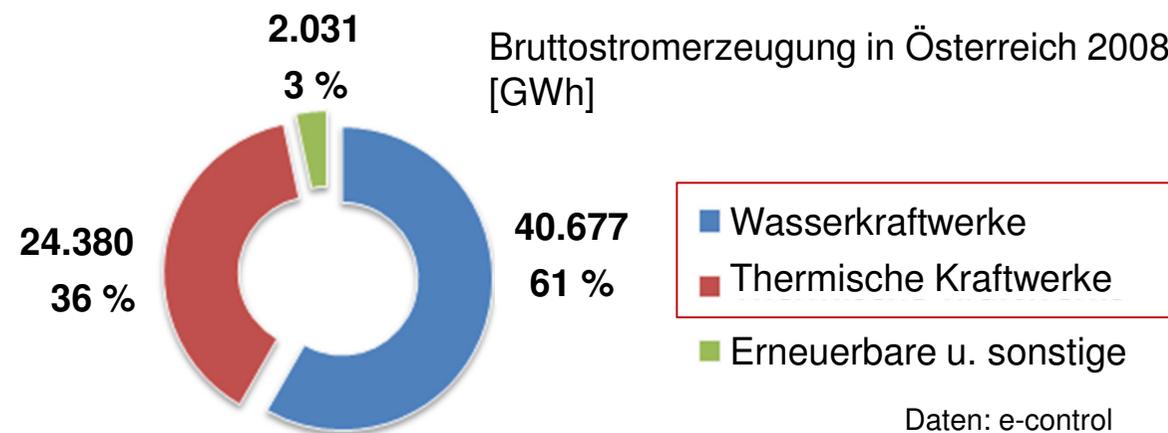
Ergebnisse

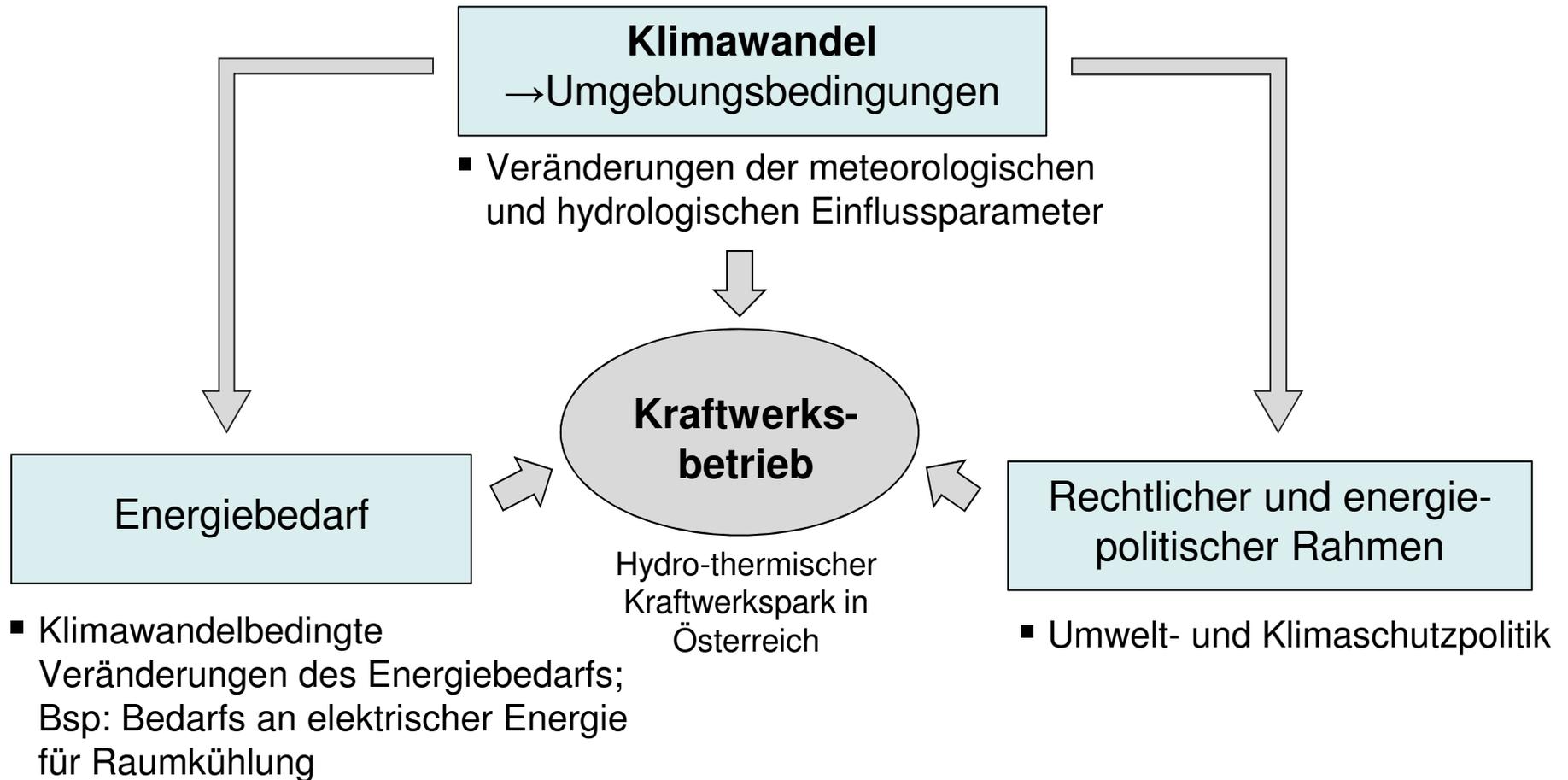
Überblick

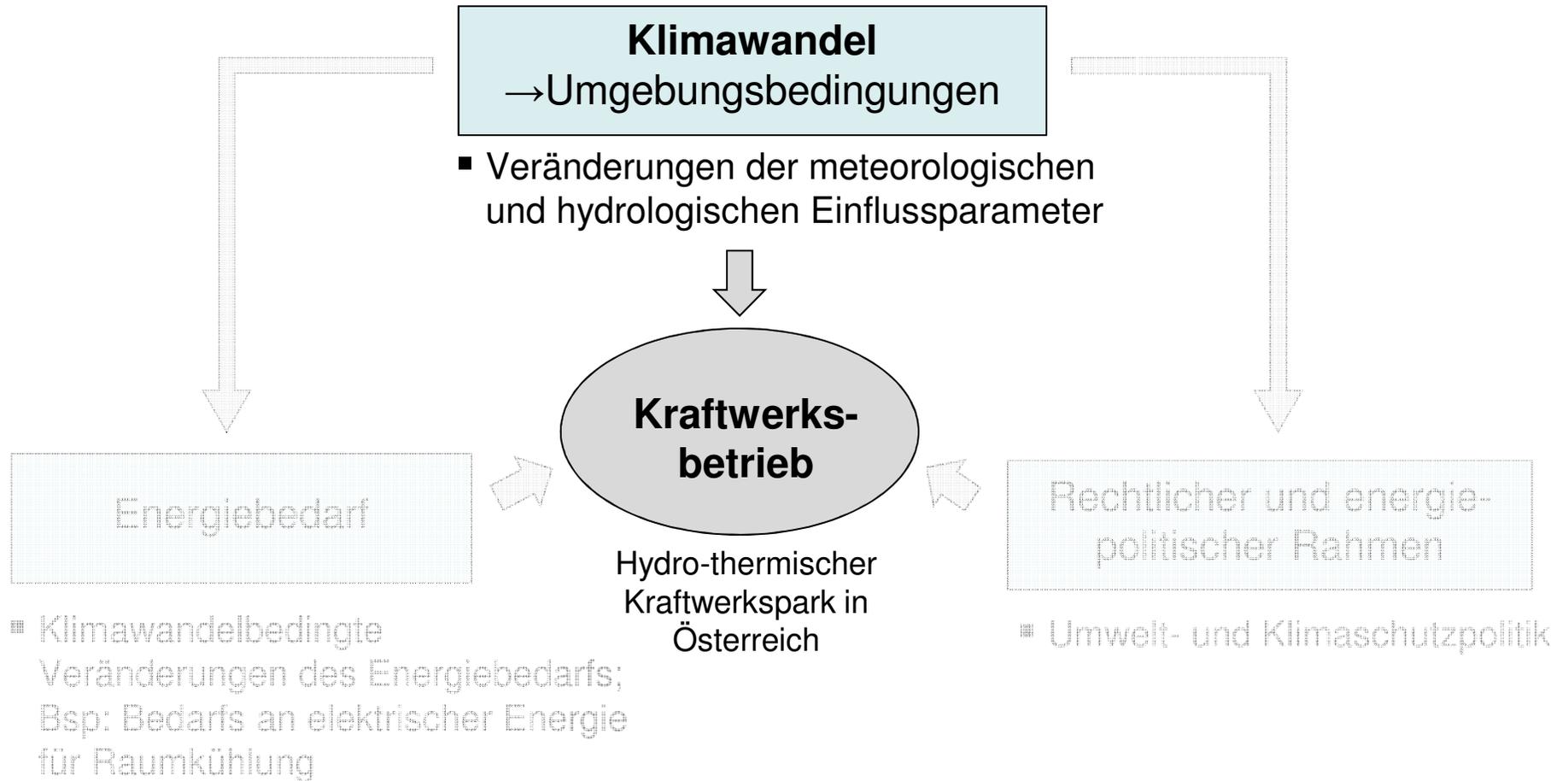
- Klimawandel-Rahmenbedingungen
- Einflussparameter auf den Kraftwerksbetrieb
- Klimawandelszenario
- Simulation

Ausgangssituation

- Zunahme der Mitteltemperatur der bodennahen Atmosphäre seit Ende 19. Jhd:
 - + 0,7 [K] globales Mittel
 - + 1,8 [K] Österreich
- Elektrizitätserzeugung in Österreich:







Klimawandelszenario

- Problematik von Klimamodellen – Klimaszenarien
 - Emissionsszenarien
 - Auflösung von Klimamodellen (globale – regionale Modelle)
- Österreichisches Projekt “reclip:more”
 - Klimamodellierung mit höherer Auflösung für den Alpenraum
(Austrian Research Centers, Wegener Center for Climate and Global Change der Universität Graz, Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien und Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)
 - Szenarioperiode: 2041-2050, Kontrollperiode: 1981-1990
 - Gitterpunktabstand im Modell: 10 km
 - Parameter (Mittelwerte, Extremwerte): Lufttemperatur, Niederschlag

Klimawandelszenario – Lufttemperatur

- Änderung der mittleren saisonalen Temperatur in Österreich pro Dekade

reclip:more: Berechnungen nach Loibl et al., 2007; Christensen und Christensen, 2007

| Jahreszeit | Änderung der mittleren Temperatur pro Jahrzehnt Projekt reclip:more (MM5) |
|-------------------|--|
| Winter | +0,32 [K] |
| Frühling | +0,37 [K] |
| Sommer | +0,38 [K] |
| Herbst | +0,45 [K] |

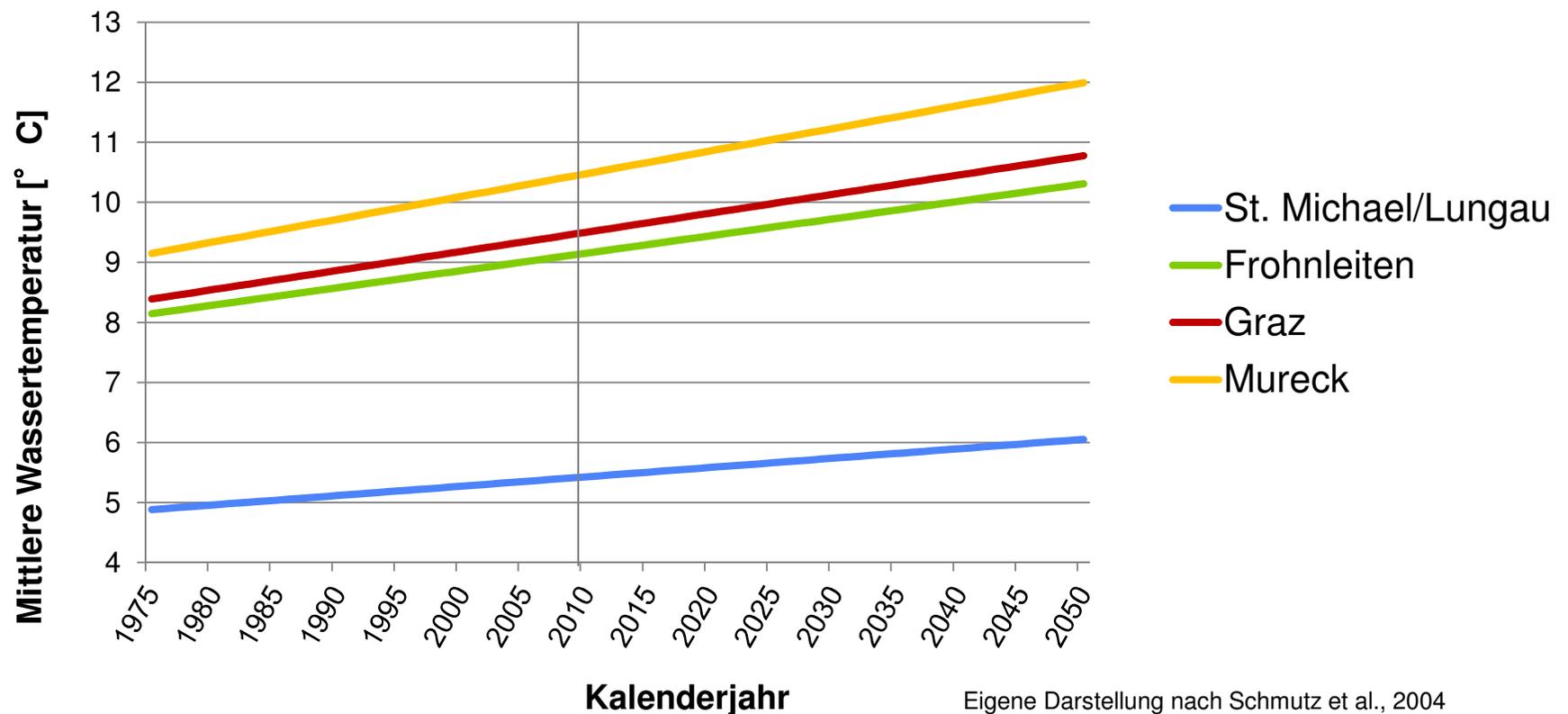
Klimawandelszenario – Wasserführung der Gewässer

- Auswirkungen auf die Wasserführung von Fließgewässern abhängig von jeweiligen Abflussregimen
 - Pauschalaussagen problematisch
 - Für genauere Aussagen über ein Gewässer muss dieses einzeln beurteilt werden

| | Winter | Frühling | Sommer | Herbst |
|------------------------|--------|----------|--------|--------|
| Gletschergespeiste | | | + | |
| Nivale Abflussregime | + | - | | |
| Pluviale Abflussregime | + | | - | - |

Klimawandelszenario - Fließgewässertemperaturen

Zeitraum 2010 bis 2050 - mittleren Temperaturzunahme von ~ 1 [K] im Oberlauf und ~ 1,5 bis maximal 2 [K] im Unterlauf



Zusammenfassung

- Klimateffekte
 - Lufttemperaturen: Anstieg im Mittel und in den Extremwerten
 - Abflüsse: Prognosen schwierig, differenzierte Beurteilung erforderlich
 - Fließgewässertemperaturen: Anstieg

Wasserkraftwerke

Identifikation der relevanten meteorologischen und hydrologischen Einflussparameter

- Wasserkraftwerke:

$$P_{el} = Q * \rho_W * g * \Delta H * \eta_{ges}$$

Einflussparameter:

- Wasserführung der genutzten Gewässer**

in Abhängigkeit von: Niederschlag
Gletscher- und Schneeschmelze

→ $Q, \Delta H, \eta_{ges}$

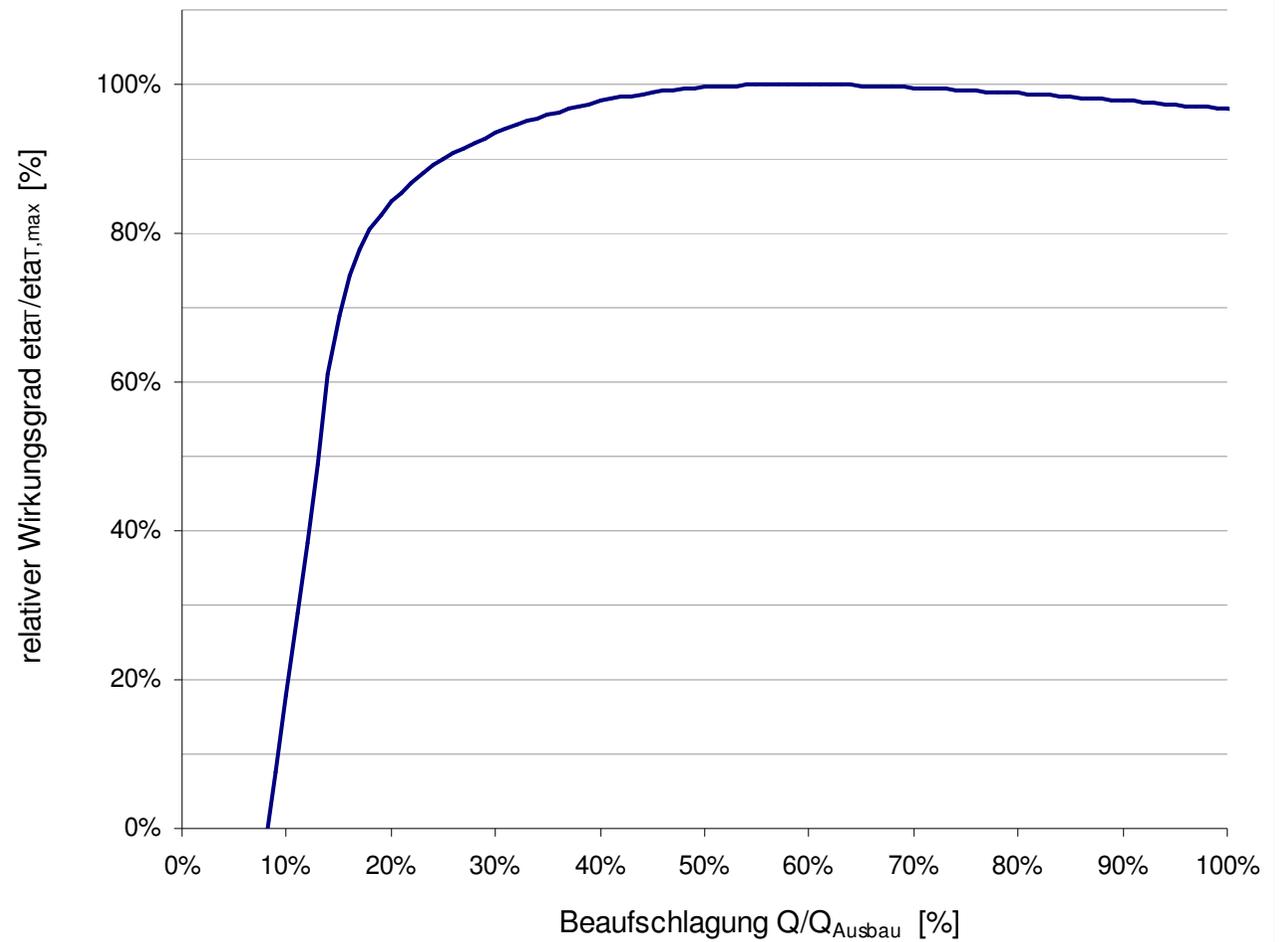
- Feststofffracht** → Abrasion von Maschinenteilen
Verlust von Speichervolumen
Verlegung von Einlaufbauwerken
Verringerung von Durchflussprofilen
Fallhöhenverluste

→ $\eta, \Delta H$
Wartungs- und Reinvestitionskosten

Turbinenwirkungsgrad

Durchflussabhängiger
Wirkungsgrad

**Kaplanturbine,
relativer Wirkungsgrad
in Abh. der Beaufschlagung**



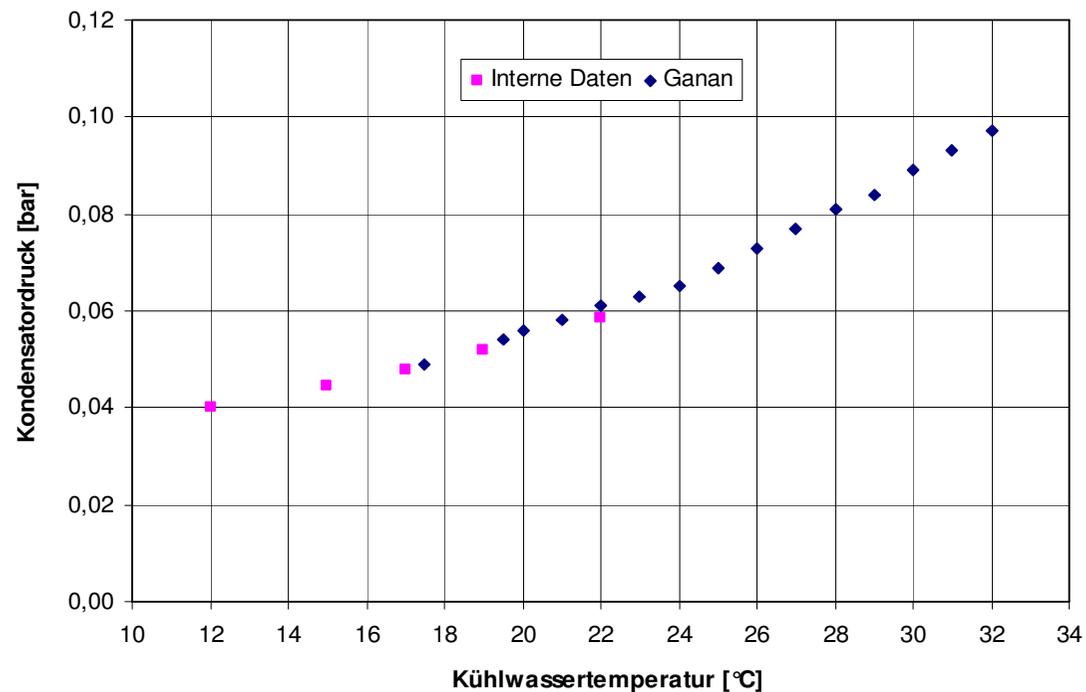
Thermische Kraftwerke

Identifikation der relevanten Einflussparameter auf den Dampfkraftprozess

- Dampfkraftwerke

- Kühlwassertemperatur
- Gewässertemperatur bei Frischwasserkühlung (Abhängig vom Temperaturniveau + 2 K ca. 0,5 % Leistungsverlust)

→ Temperaturniveau der Wärmeabfuhr am Kondensator



Identifikation der relevanten Einflussparameter auf den Gasturbinenprozess

■ Gasturbinenkraftwerke:

■ Umgebungslufttemperatur

→ Leistungsverlust bei hohen Umgebungstemperaturen

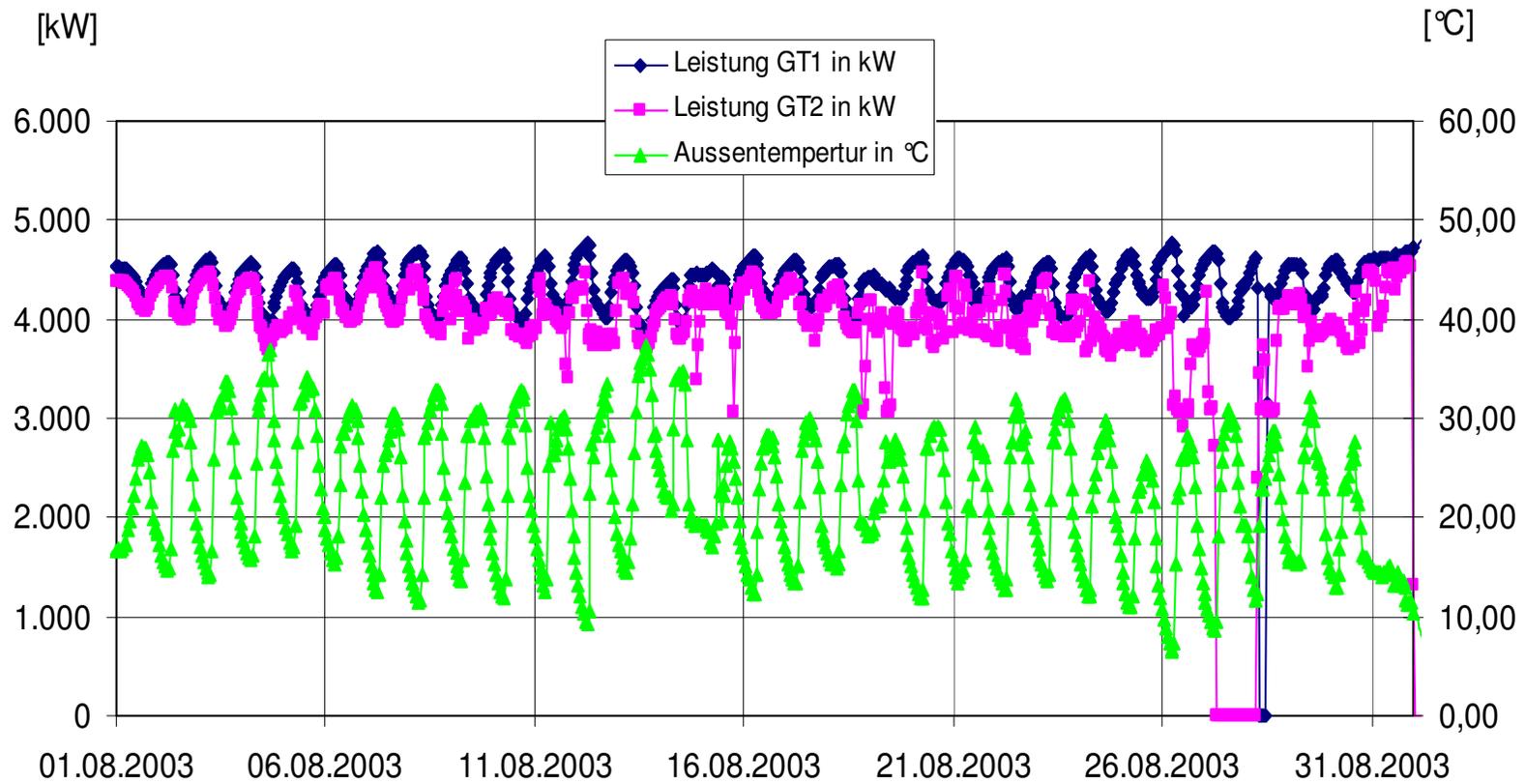
■ Luftfeuchtigkeit

→ Leistungs- und Gesamtwirkungsgradverlust bei hoher Luftfeuchte

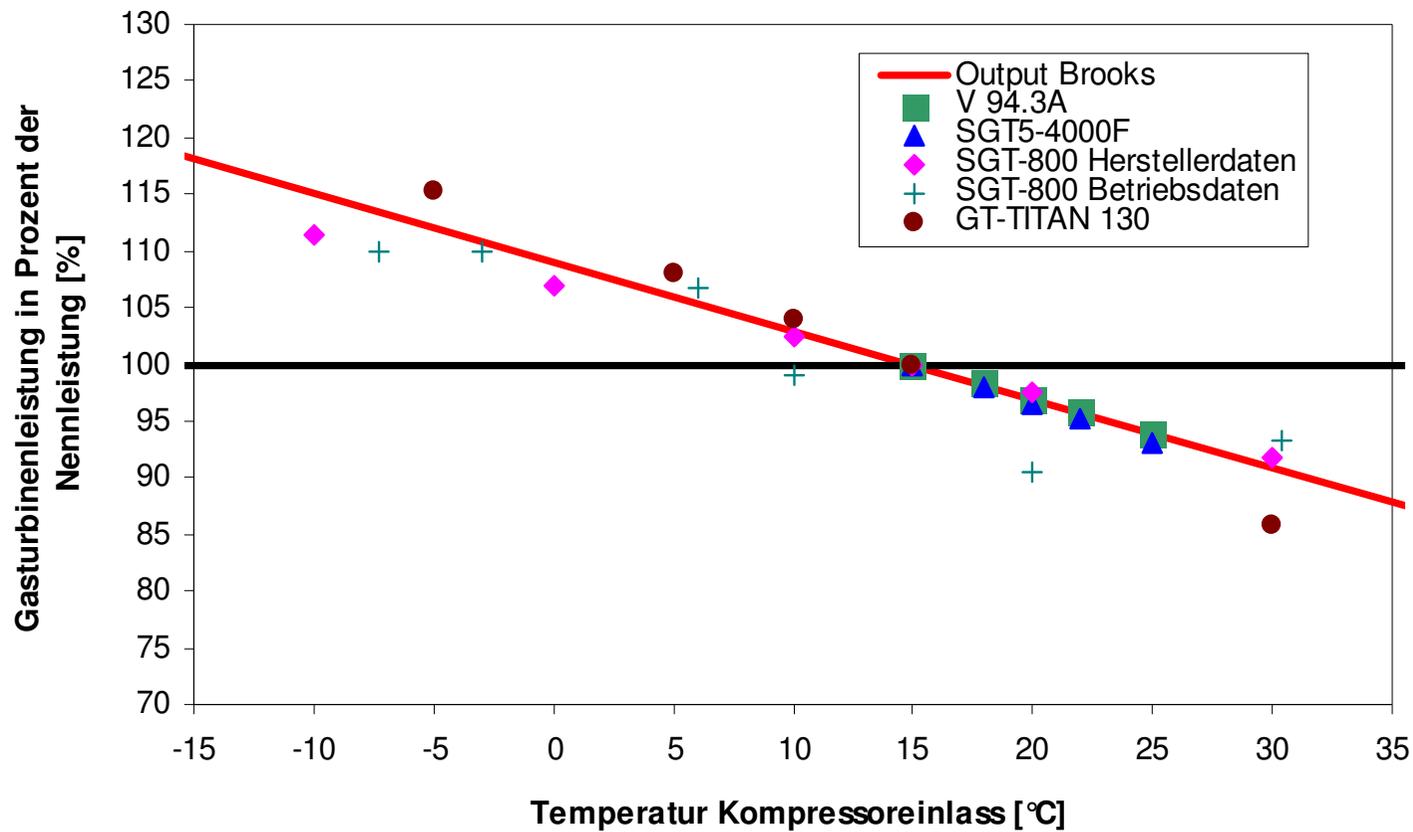
■ Luftdruck

→ Leistungs- und Gesamtwirkungsgradverlust bei niedrigem Luftdruck

Einfluss der Außentemperatur auf die Leistung von 2 baugleichen Gasturbinen



Einfluss der Lufttemperatur auf den Leistungsoutput verschiedener Gasturbinen



Identifikation der relevanten Einflussparameter auf den Kombiprozess

- Kombiniertes Kraftwerksprozess (GuD):

Auf GuD-Kombianlagen kommen alle erwähnten Einflussgrößen zu tragen:

- Gasturbine

- Leistungsverlust bei hohen Umgebungstemperaturen
- Leistungs- und Gesamtwirkungsgradverlust bei hoher Luftfeuchte
- Leistungs- und Gesamtwirkungsgradverlust bei Änderung des Luftdrucks

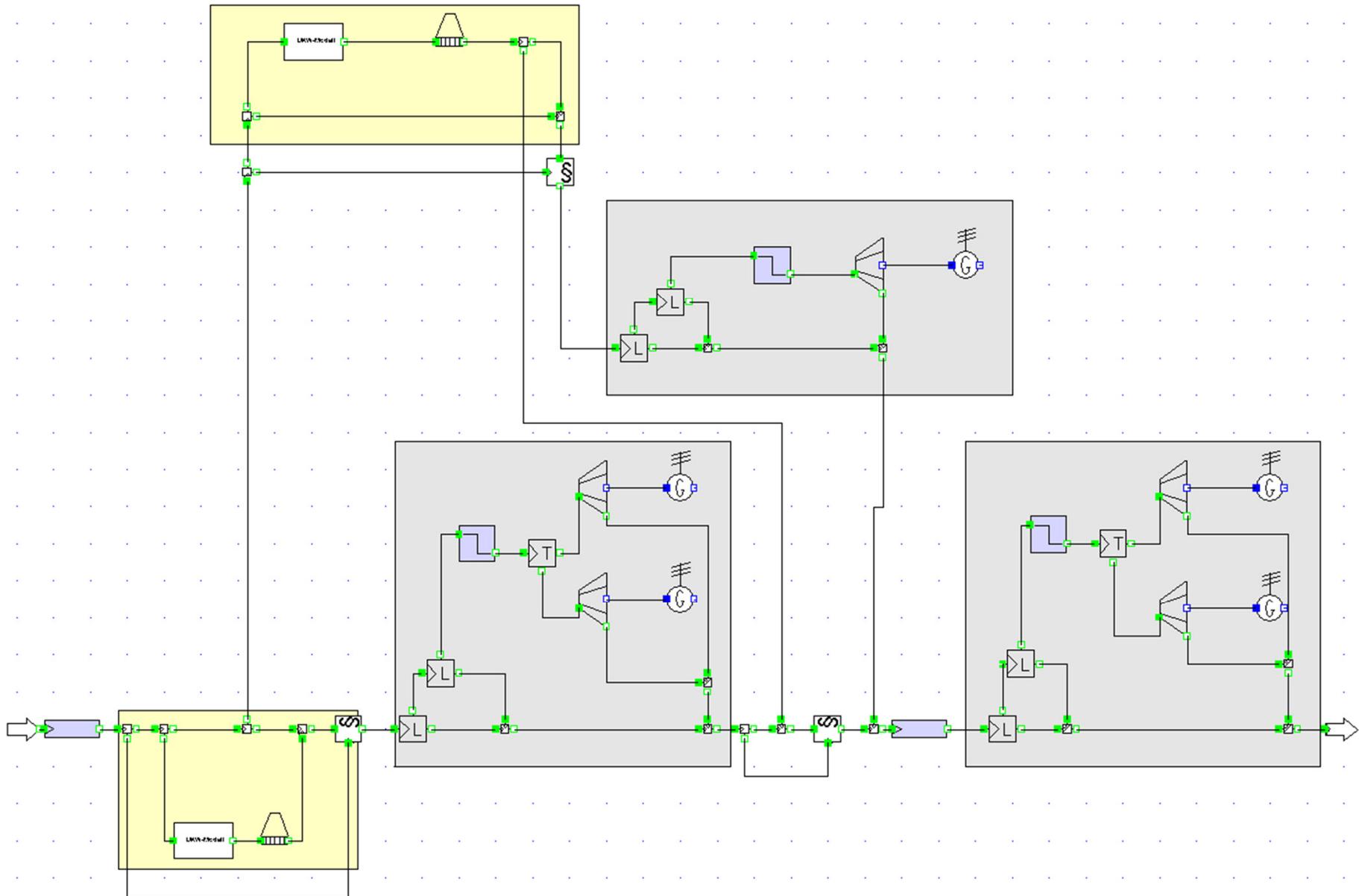
- Dampfturbine

- Temperaturniveau der Wärmeabfuhr am Kondensator
- Dampfmenge in Abhängigkeit der Rauchgasmenge im AHK

Simulationsmodell

Auswahl der Kraftwerkskette

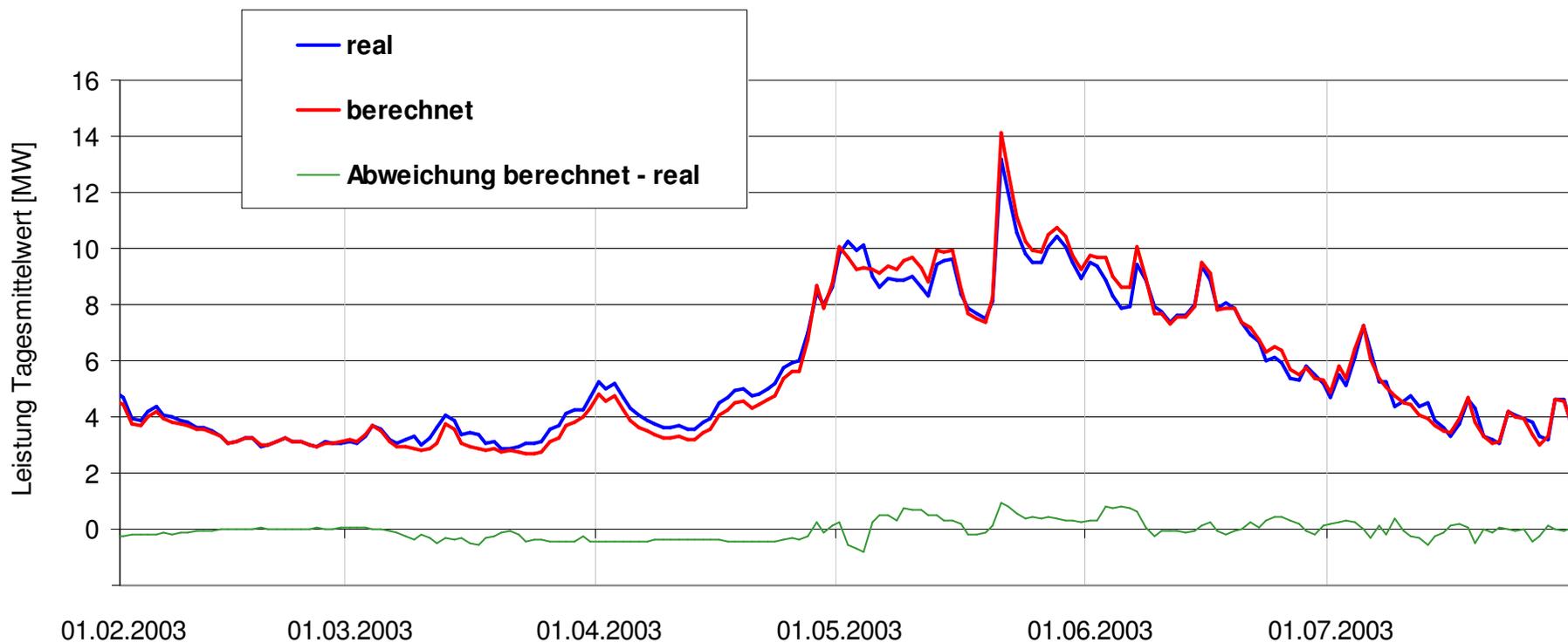
- Südlich von Graz gelegene Kraftwerkskette
- 2 thermische Kraftwerke (Dampfkraftwerke Mellach und Werndorf)
 - 3 Wasserkraftwerke (Mellach, Weißenegg, Lebring)
- Auswahl eines signifikanten, datenmäßig verfügbaren Zeitintervalls
 - Jahr 2003 → hohe Umgebungstemperatur, Niedrigwasser und europaweit gesteigerter Energiebedarf in den Sommermonaten



Ergebnisse – Wasserkraftwerke

- Vergleich Realdaten – Modellberechnung

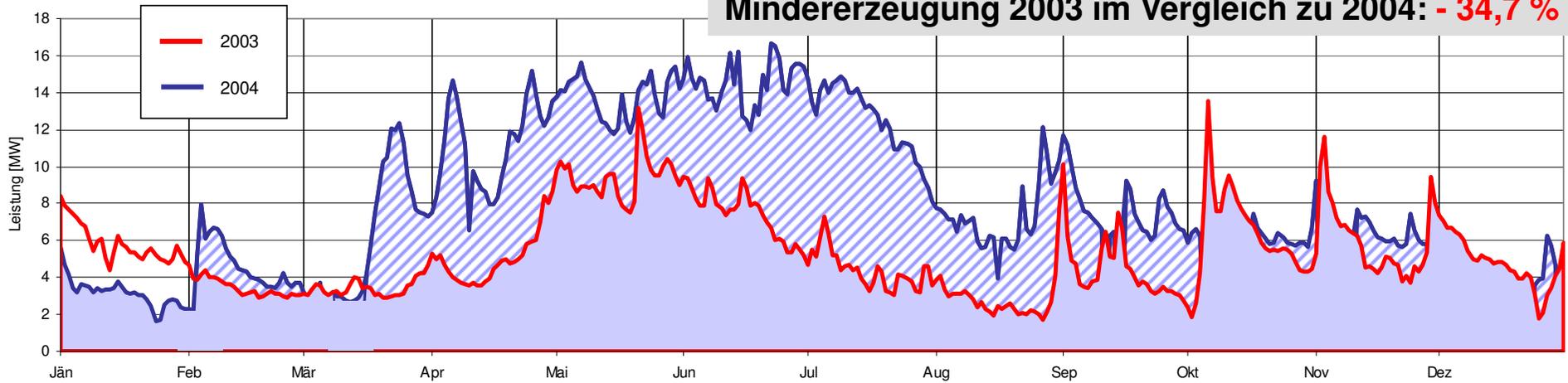
Ausschnitt:



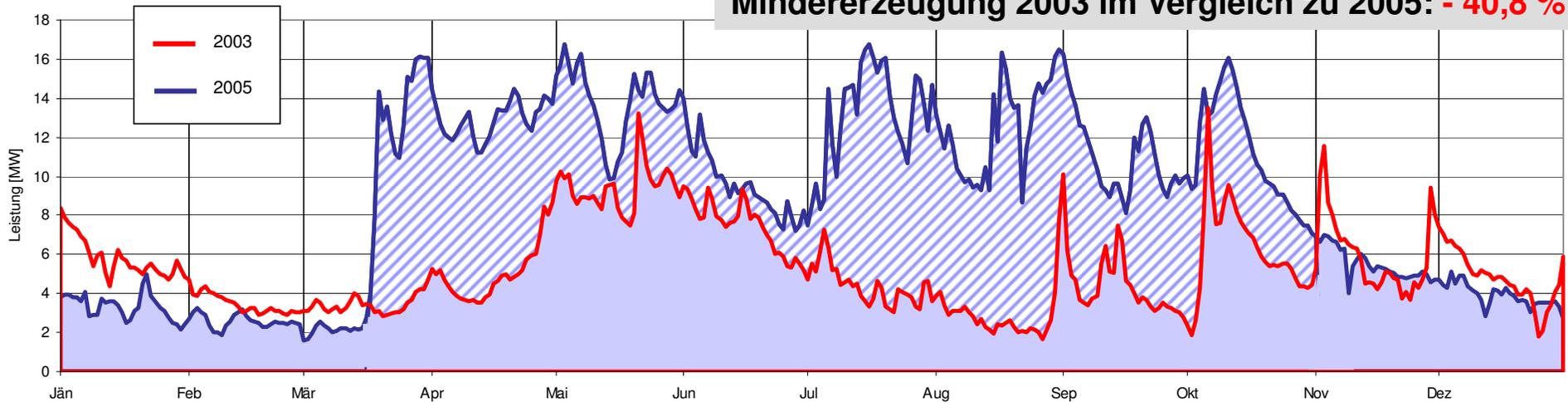
■ Leistung Jahresvergleich
2003

Mindererzeugung 2003 im Vergleich RAV: - 36,8 %

Mindererzeugung 2003 im Vergleich zu 2004: - 34,7 %



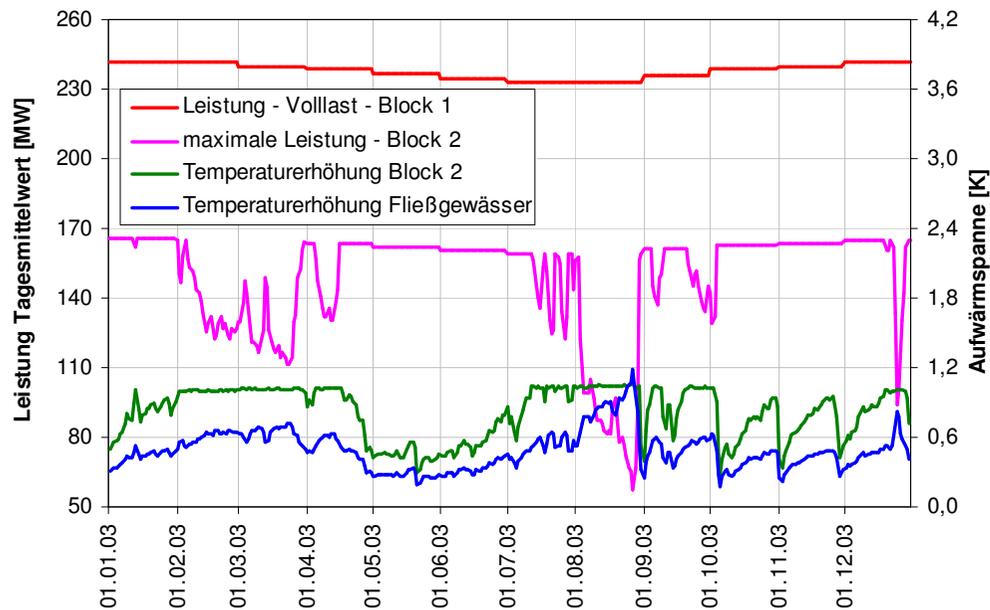
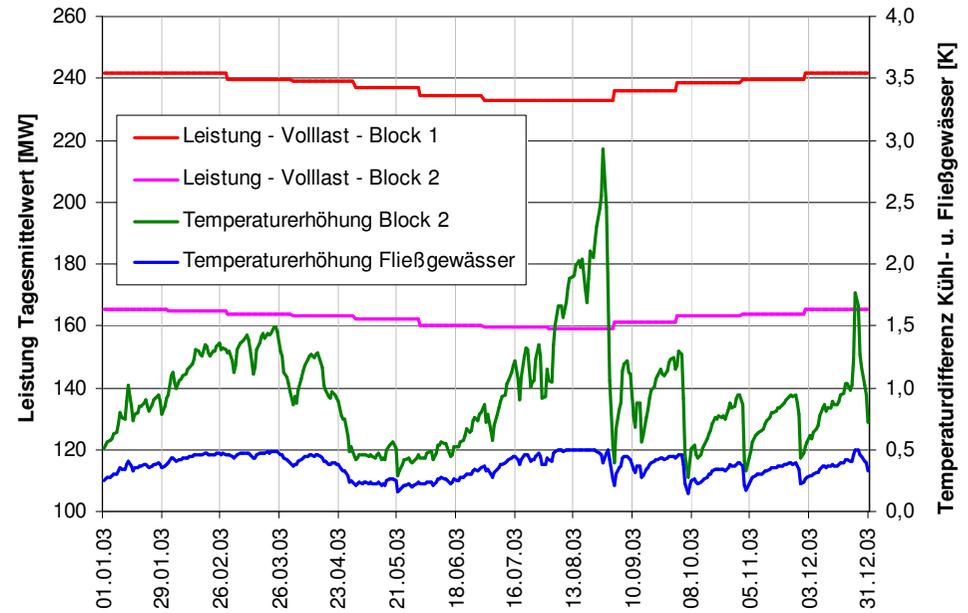
Mindererzeugung 2003 im Vergleich zu 2005: - 40,8 %



Ergebnisse – Thermische Kraftwerke

- Dampfkraftwerke

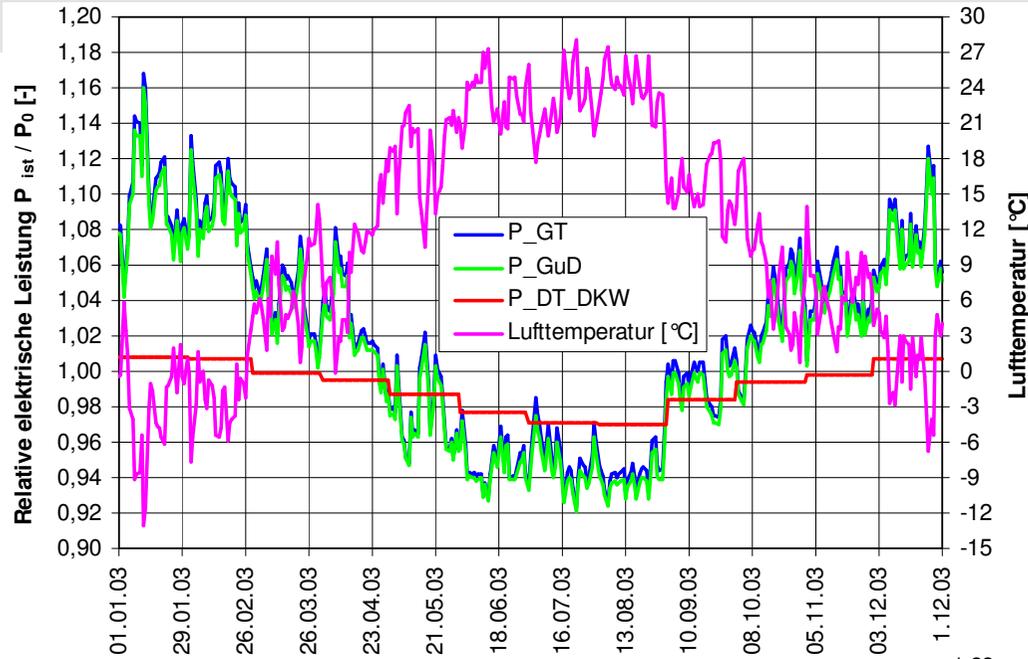
Simulierter Volllastbetrieb zweier DKW-Blöcke in einem Kraftwerkverbund



Gegenmaßnahmen: Ablaufkühltürme

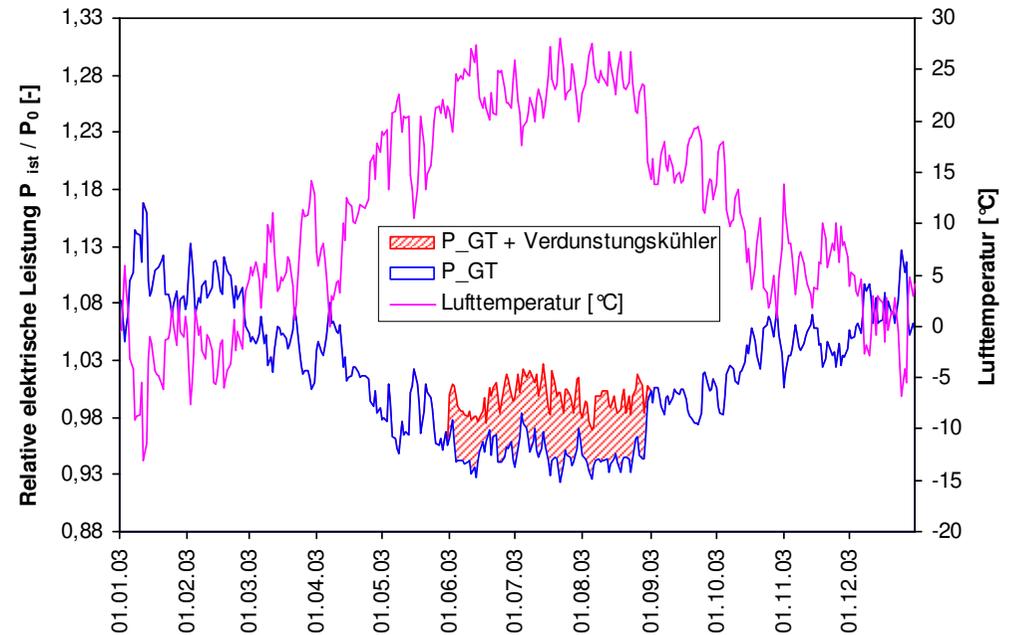
Ergebnisse – Thermische Kraftwerke

- Kombikraftwerke
 - Gasturbine
 - Dampfturbine

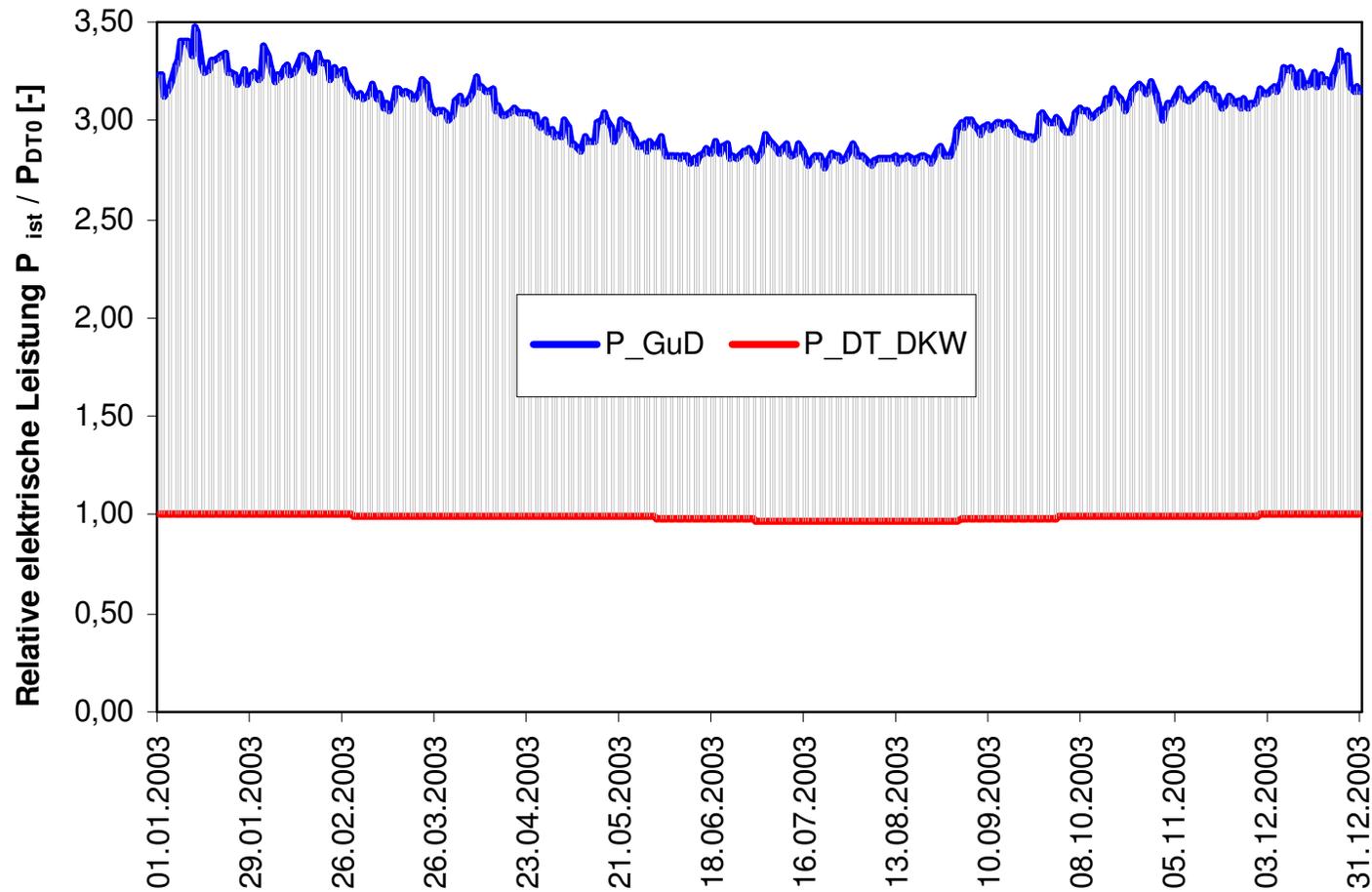


Einfluss der Lufttemperatur auf die
GT- und GuD-Leistung

Einfluss eines Verdunstungskühlers
auf die GT-Leistung



Leistungsgrößenvergleich GuD-Leistung bezogen auf die Dampfturbinennennleistung



Schlussfolgerung

- Klimateffekte werden die momentane inländische Stromerzeugung vor keine existenziellen Probleme stellen.
- Veränderungen der Wasserführung der Gewässer führen zu einer direkten Beeinflussung der Wasserkrafterzeugung und zwangsläufig zu einer Erhöhung der thermischen Stromerzeugung in Österreich und der Stromimporte aus dem Ausland.
- Um einen gesteigerten Strombedarf ohne Ausweitung der Importe abdecken zu können, ist eine Ausweitung der Kraftwerkskapazitäten erforderlich.
- Upgrade bestehender thermischer Kraftwerke mit neuester Technologie (GuD-Anlagen) und sehr hohen elektrischen Wirkungsgraden.
- Zusatztechnologien (Ansaugluftkühlung, Ablaufkühlturm) um die Kraftwerke bis zu einem gewissen Grad von Umgebungseinflüssen zu entkoppeln.

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ unter der Abwicklung der Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) durchgeführt.



■ Weiter Informationen

DI (FH) Michael Wanek

FH JOANNEUM GmbH
Studiengang Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement
Werk-VI-Strasse 46
A-8605 Kapfenberg
Tel.: (43 3862) 33600 83 66
mail to.: michael.wanek@fh-joanneum.at