

IST-STAND-ANALYSE

bestehender Rauchgaskondensationsanlagen



**Bernhard Kronberger, Michael Kupa, Ralf Ohnmacht:
Philipp Pamperl:
Klaus Schmidinger, Matthias Göllner:**

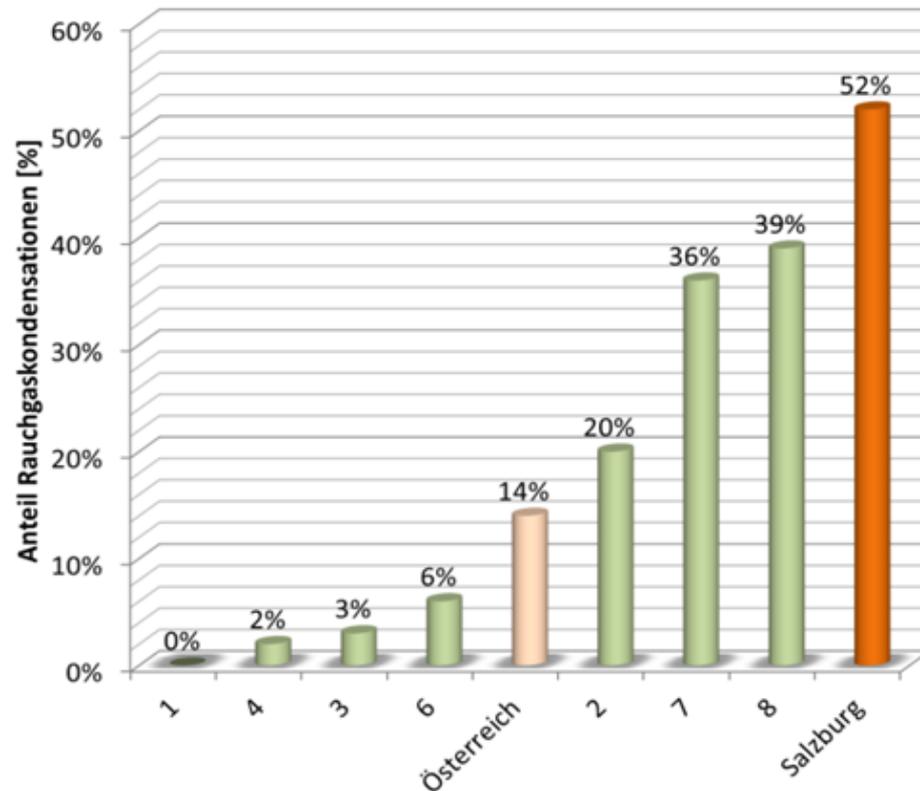
**VOIGT+WIPP
enviPa-Engineering
Seegen**

1. Umfang und Ziele der Studie
2. Auswertung und Erkenntnisse zu verschiedenen Aspekten der Anlagentechnik und des Betriebs
3. Verbesserungskonzepte
4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Ziel:
 - Zustandserhebung der RGK Anlagen in Salzburg und Ermittlung der Potentiale (> 1MW Kesselleistung)
 - Auslegungsrichtlinie für Planer und Betreiber
 - Umsetzungsplan Verbesserungsmaßnahmen (techno-ökonomische Empfehlungen) für die untersuchten Heizwerke
- Auftraggeber:
 - Amt der Salzburger Landesregierung FR 4/04- Energiewirtschaft und -beratung
 - Projektverantwortlicher: Dr. Gerhard Löffler
- Durchführung:
 - VOIGT+WIPP Engineers GmbH
 - enviPa GmbH
 - SEEGEN GmbH

- Motivation:
 - Biomassebrennstoff wird teurer
 - Biomasseheizwert sinkt durch
 - steigenden Aschegehalt
 - steigenden Wassergehalt
 - Reduktion von Spitzenlastenergieeinsatz
 - Nachfolgelösung für KWK Anlagen
 - ➔ **Steigerung des Brennstoffnutzungsgrades der Biomasse**
- Mögliche Maßnahmen:
 1. Steigerung des Kesselwirkungsgrades
 - Reduktion von Gluterhaltungsbetrieb
 - Reduktion des Restsauerstoffgehaltes
 2. Reduktion der Netzverluste
 - Reduktion der Rücklauftemperatur
 - Auslegungsrichtlinie für Planer und Betreiber
 3. **Effiziente Nutzung fühlbarer und latenter Wärme im Abgasstrom ➔ Rauchgaskondensation**

Warum Salzburg?



Anteil Rauchgaskondensationsanlagen in den Bundesländern

Zahl der Anlagen mit den jeweiligen Erträgen der RGK aus Betriebsdatenerhebung 2013/14 (Bezug Kesselleistung)

%	Anlagenzahl
<2	1
2 bis 4	2
4 bis 6	5
6 bis 8	6
8 bis 10	4
10 bis 12	5
> 12	2

- Betriebsweise der Kondensationsanlage
 - Nassbetrieb: 6 Anlagen (davon 3 mit diskontinuierlicher Quenche, 1 mit Zusatzdüsen zur Bündelbenetzung)
 - Nass/trocken: 3 Anlagen, davon 1 Teflonwärmetauscher
 - Trocken (nur ECO): 1 Anlage
- Erkenntnisse:
 - Gesicherter Nassbetrieb vermeidet Korrosion an den Bündeln
 - Nass/Trockenbetrieb führt bei den untersuchten Anlagen zu keinen Schäden an den Anlagen ABER
 - Korrosionsrisiko ist groß (Betrieb im Bereich der Säuretaupunkte)
 - Schäden an Wärmetauschern können auf unsachgemäßen Betrieb zurückgeführt werden.
 - Reinigungsaufwand ist hoch.

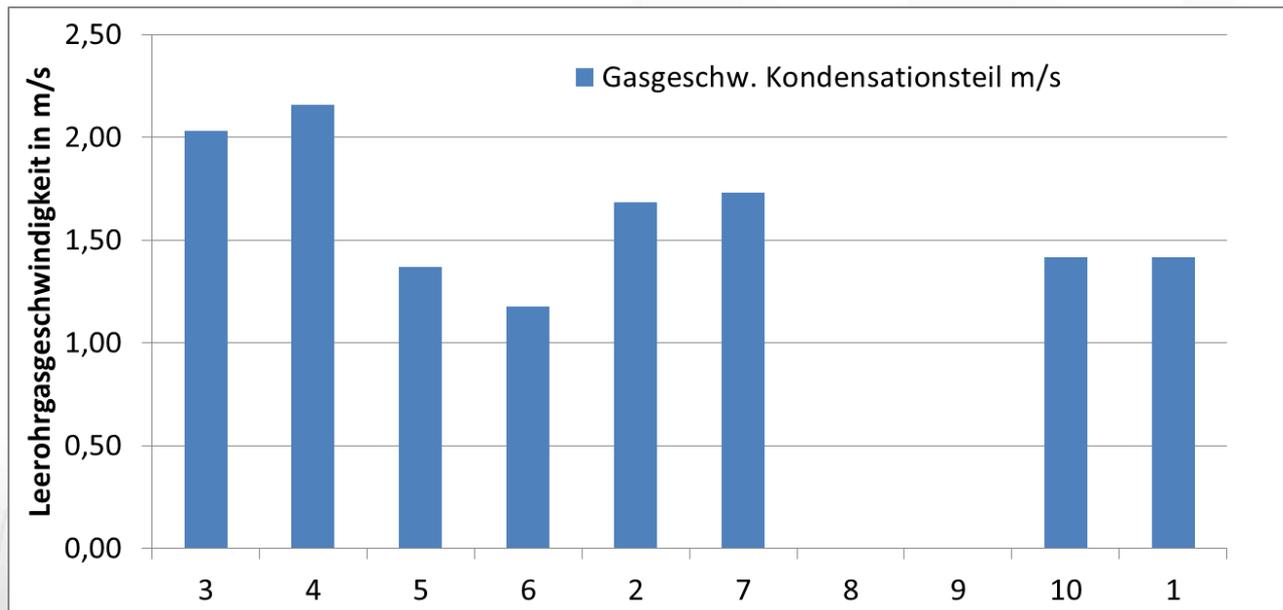
- Neutralisation mittels Natronlauge
 - pH-Sollwerte: 6,0 bis 7,0
 - pH 5,5 soll nicht unterschritten werden
 - Wichtig regelmäßige Kontrolle (wöchentlich) und Kalibrierung
 - Empfehlung: 2-Punkt Kalibrierung (z.B. pH 4 und pH 7)
- Zuverlässigkeit der pH-Messung (Sonden) erforderlich
 - dürfen nie austrocknen
 - immer mit destilliertem Wasser spülen
 - Es gibt eine Temperaturquerempfindlichkeit der pH-Sonden
- Fokus der Studie
 - Erfassung einer zuverlässigen pH Messung
 - Kennzahl für NaOH Verbrauch je nach Betriebsbedingungen

ZIEL: Permanent nasse Fahrweise

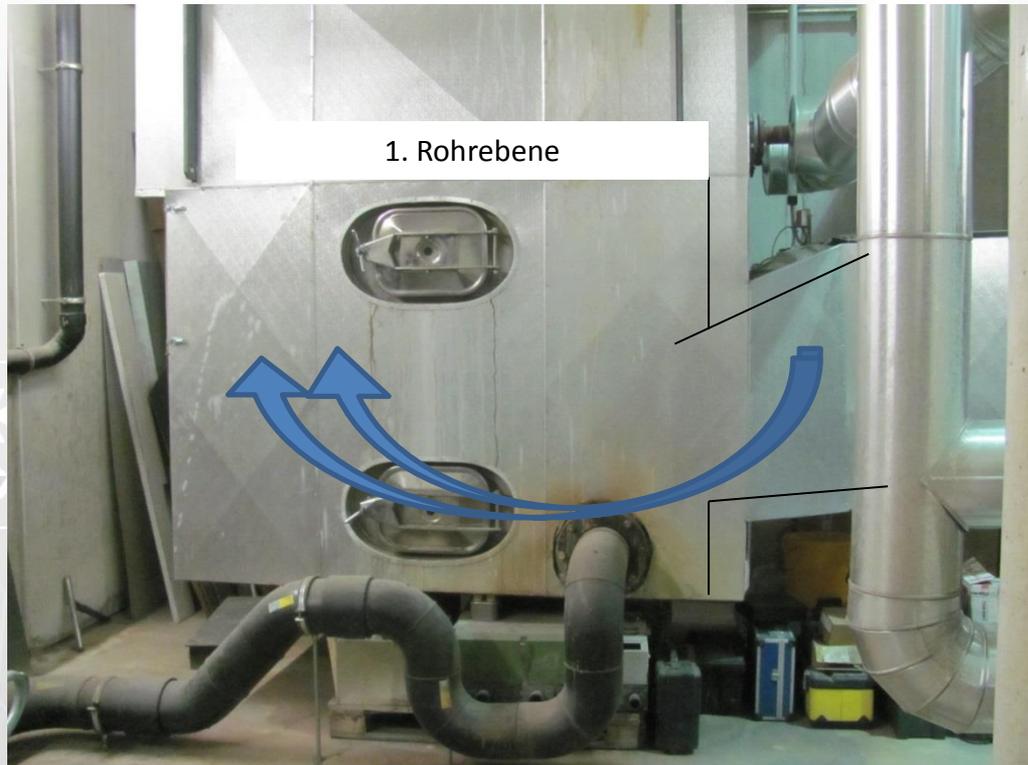
- Quenchbetrieb häufig mit zu niedrigem Druck und sehr hoher Wassermenge durch Doppelnutzung der Abreinigungspumpe.
 - zum Teil ca. 20x zu hohe Wassermenge
 - hoher Pumpenstromverbrauch → Zyklischer Betrieb
 - Kein gesicherter Nass-Betrieb
 - Verschlechterung des Wärmeüberganges
 - Neigung zu Anbackungen
- ➔ Optimale Quenchauslegung: hoher Druck (= feine Zerstäubung) und niedrige Wassermenge



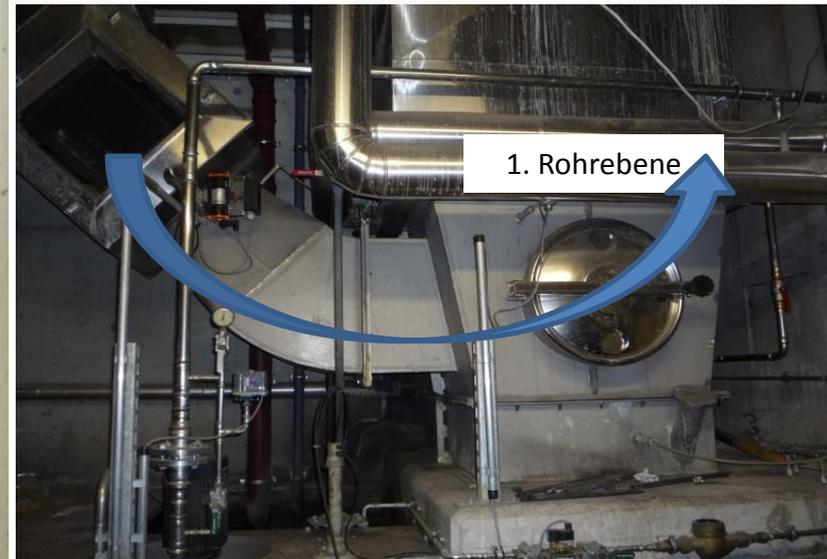
1. Anströmung der Wärmetauscherflächen
 - Ca. 50% Anlagen sind zum Teil sehr ungünstig ausgeführt
2. Strömung durch/um die Bündel
 - Spalte führen zu schlechter Ausnutzung der Flächen
3. Anströmgeschwindigkeiten
 - Unterschiede in der Anströmgeschwindigkeit: 1,2 bis 2,2m/s



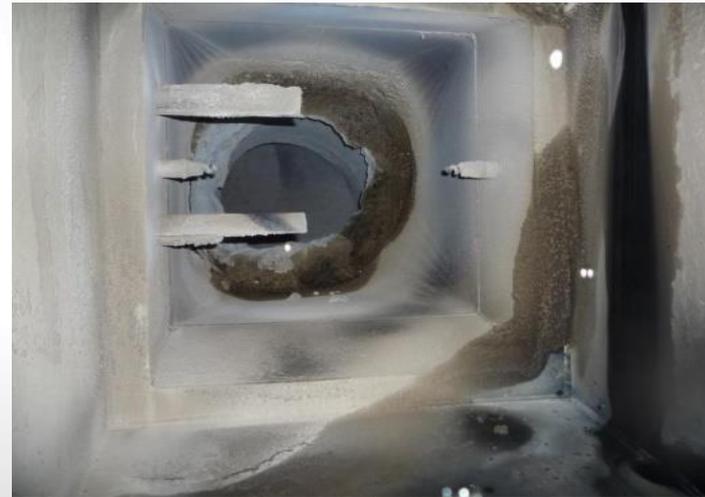
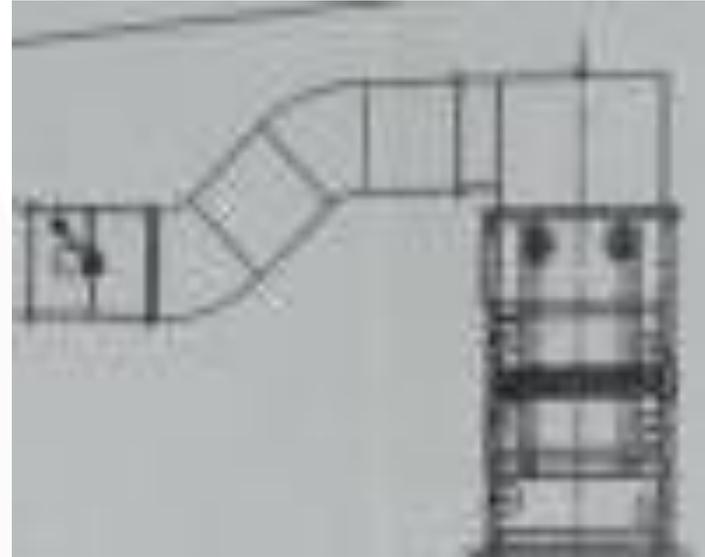
Beispiel 1



Beispiel 2



➔ Reduktion der wirksamen WT-Fläche von ca. 20% durch Strömungsschiefelage



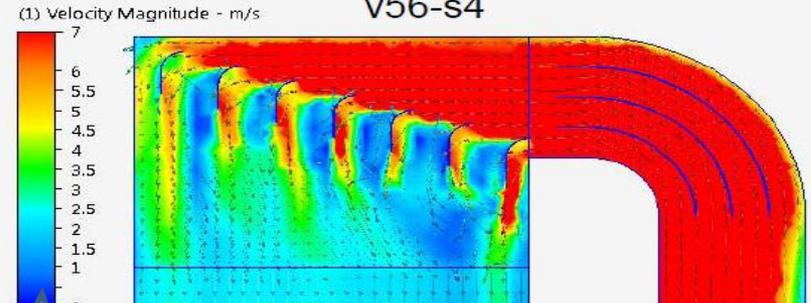
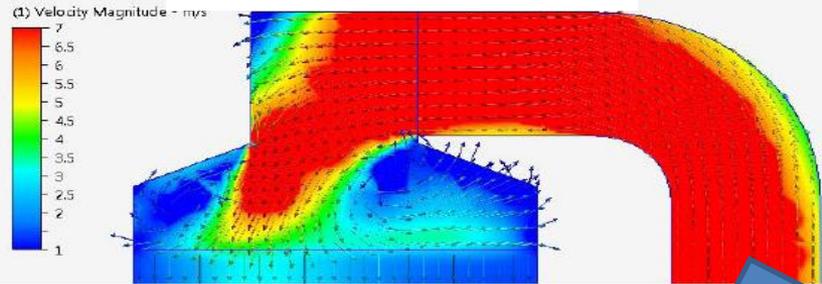
Untersuchung der Anströmung einer Kondensationsanlage

Beispiel 2 + Umbauvorschlag (CFD Analyse)

Geschwindigkeitsverteilung mitte Rauchgaskanal Lastfall 100%

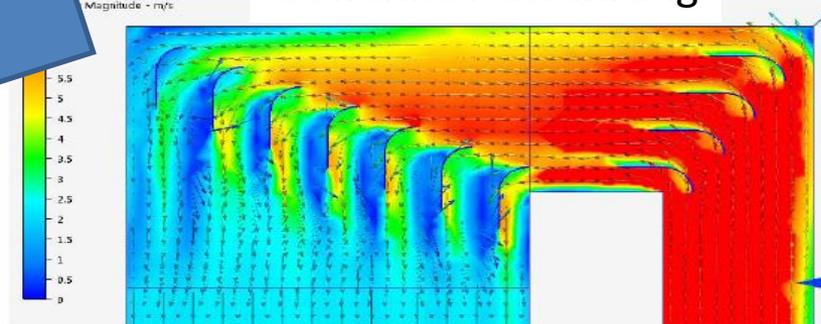
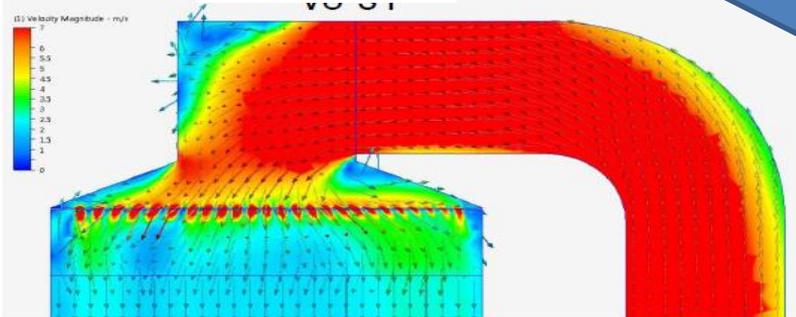
Aktuelle Ausführung

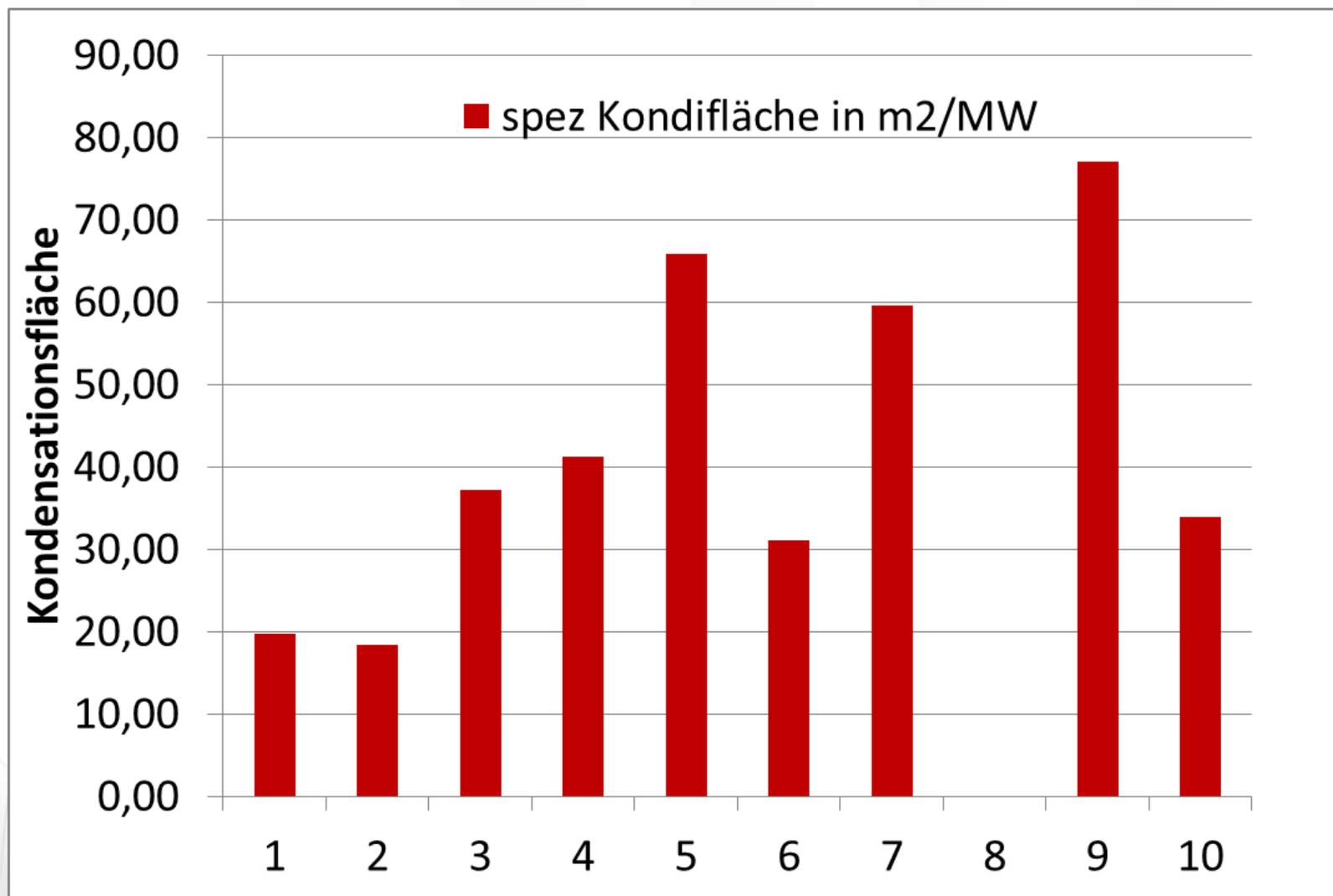
v56-s4



1. Rohrebene

Gewählte Ausführung





- Sehr große Unterschiede der installierten Wärmetauscherfläche führen
 - zu unterschiedlichen Nutzung des Kondensationspotentials. Zeigt sich meist durch Grädigkeiten ($T_{RL,Netz}$ zu $T_{AG,KON}$) von 1,5K und 10K

Anm.: Messung der Grädigkeit ist schwierig, obwohl häufig Auslegungs- und Garantiewert.

- Wandeffekte (Kühlung)
- Kondensat von oben kühlt oder heizt Thermoelement → Messposition
- VISU - Daten sind selten glaubhaft.

- Ca. 50 % der Anlagen sind hydraulisch limitiert:
 - D.h. maximal 33% bis 60% der Vollastnetzwassermenge können über die Kondensationswärmetauscher geführt werden.
- Ursachen:
 - Rohrleitungsdimensionen zu klein → zu hoher Druckverlust
 - Teilweise zu hohe Wassermenge (und damit Temperatur) durch „Zurückziehen“ aus hydr. Weiche/Bypass durch Kondensationspumpe
 - Bypass dauerhaft geöffnet bzw. nicht automatisiert

Einsparungen durch Einbindung des „vollen Rücklaufs“ bei angenommener RGK-Leistung von 15% der Brennstoffwärmeleistung und durchgängigem Betrieb der Kondensation (keine andere Limitierung)

Durchfluss KON	Max Anteil KON gesamten jährlichen Energiemenge	Anteil reale Leistung an der möglichen Leistung des Kondensators!
100% Netz-RL	15%	100%
66% Netz-RL	14,5 %	97%
50% Netz-RL	13,2%	88%
33% Netz-RL	10,5%	70%

Anm.: Einsparung beim SLK etc. sind nicht berücksichtigt.

- Ausführung mit Glasrohrwärmetauschern:
 - Glasrohrbündelschäden: zum Teil sehr große Schäden.
- Ausführung mit Plattenwärmetauschern
 - Keine Anlage dicht, häufig im Überdruckbetrieb (nur bei absoluter Dichtheit empfehlenswert)



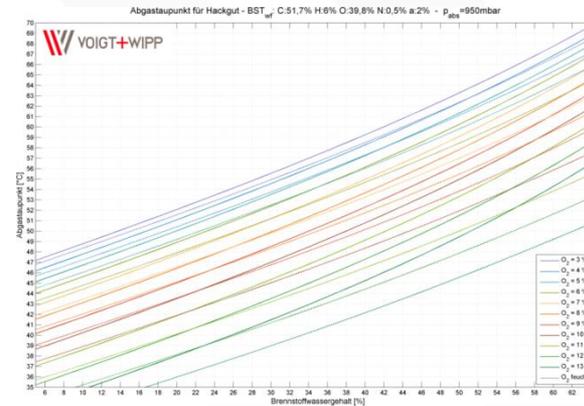
- Glasrohrbruch:
 - Ursache nicht immer klar, tw. strömungsinduzierte Schwingungen oder unsachgemäßer Einbau
 - Rasche Behebung ist erforderlich, sonst entstehen Folgeschäden durch gefrierendes Kondensat
- Silikonauflösung (Glasrohrluvoabdichtung) durch Kondensatbehandlung:
 - Ursache: Keine chemische Beständigkeit der Silikonabdichtung der Glasrohre gegen Natronlauge.
- Plattenwärmetauscher werden ebenfalls undicht! => Sanierung
 - ➔ Auslegung und Ausführung prüfen!
 - ➔ Impfstelle von Natronlauge sollte nicht in der Quenchleitung liegen, Einmischung in die Becken: ➔ 1 Anlage bereits umgebaut.

10 Jahre Betrieb



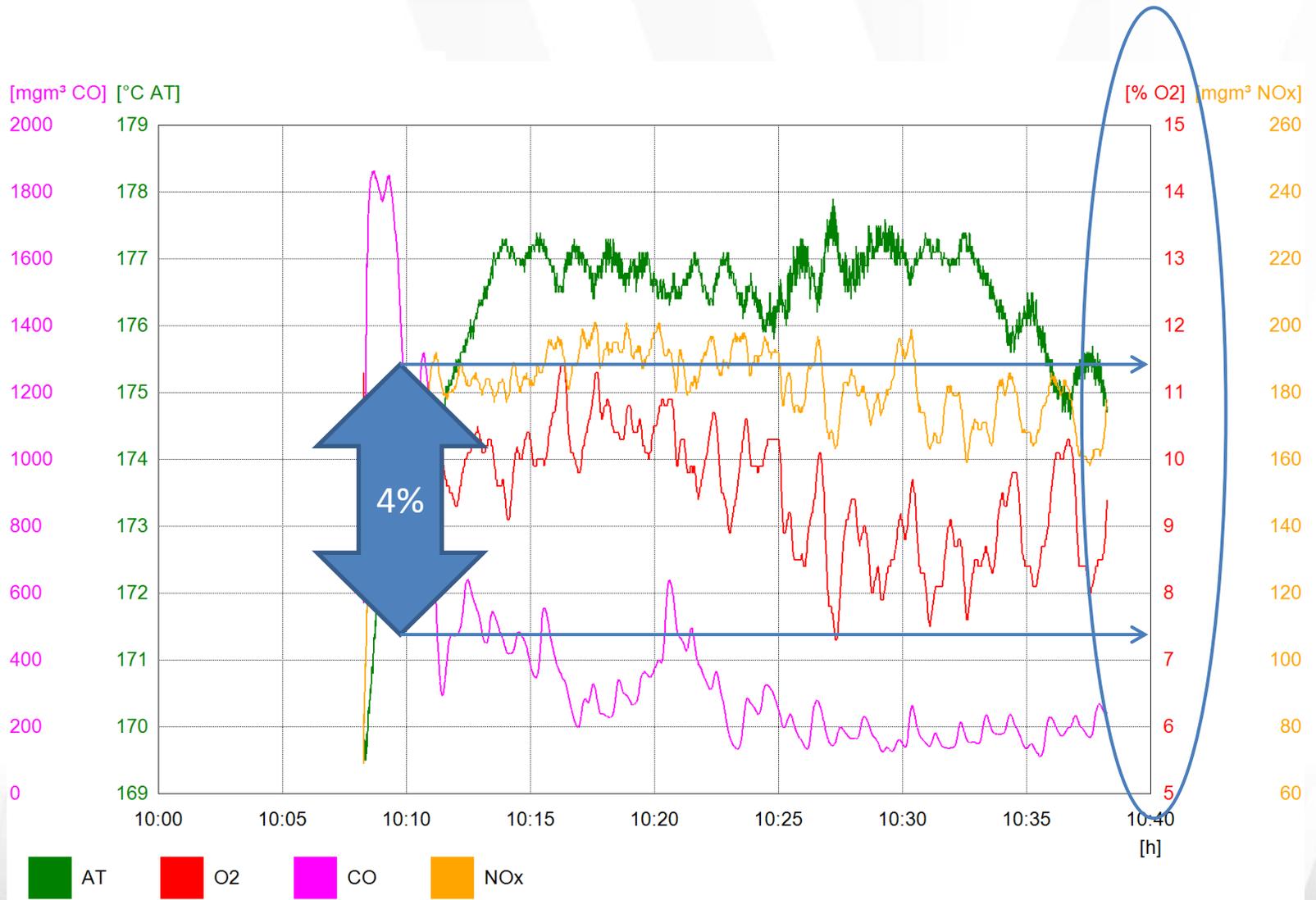
chemischer Angriff der
Silikondichtmasse

Steigerung Wassertaupunkt = Absenkung Restsauerstoffgehalt



- Rauchgasrezirkulation (bei ca. 50% der Anlagen installiert)
- Optimierte Feuerungsleistungsregelung für möglichst niedrigen und stabilen Restsauerstoffgehalt (unter Beachtung der prozesstechnischen Limitierungen, v.a. der Feuerraumtemperatur)
- Achtung auf Teillastbetrieb - Gluterhaltungsbetrieb!
- Reduktion von Falschlufteintritt:
 - Häufige Quellen:
 - Luvo, Zellschleusen und Doppelpendelklappen
 - ➔ Regelm. Kontrolle und Revision

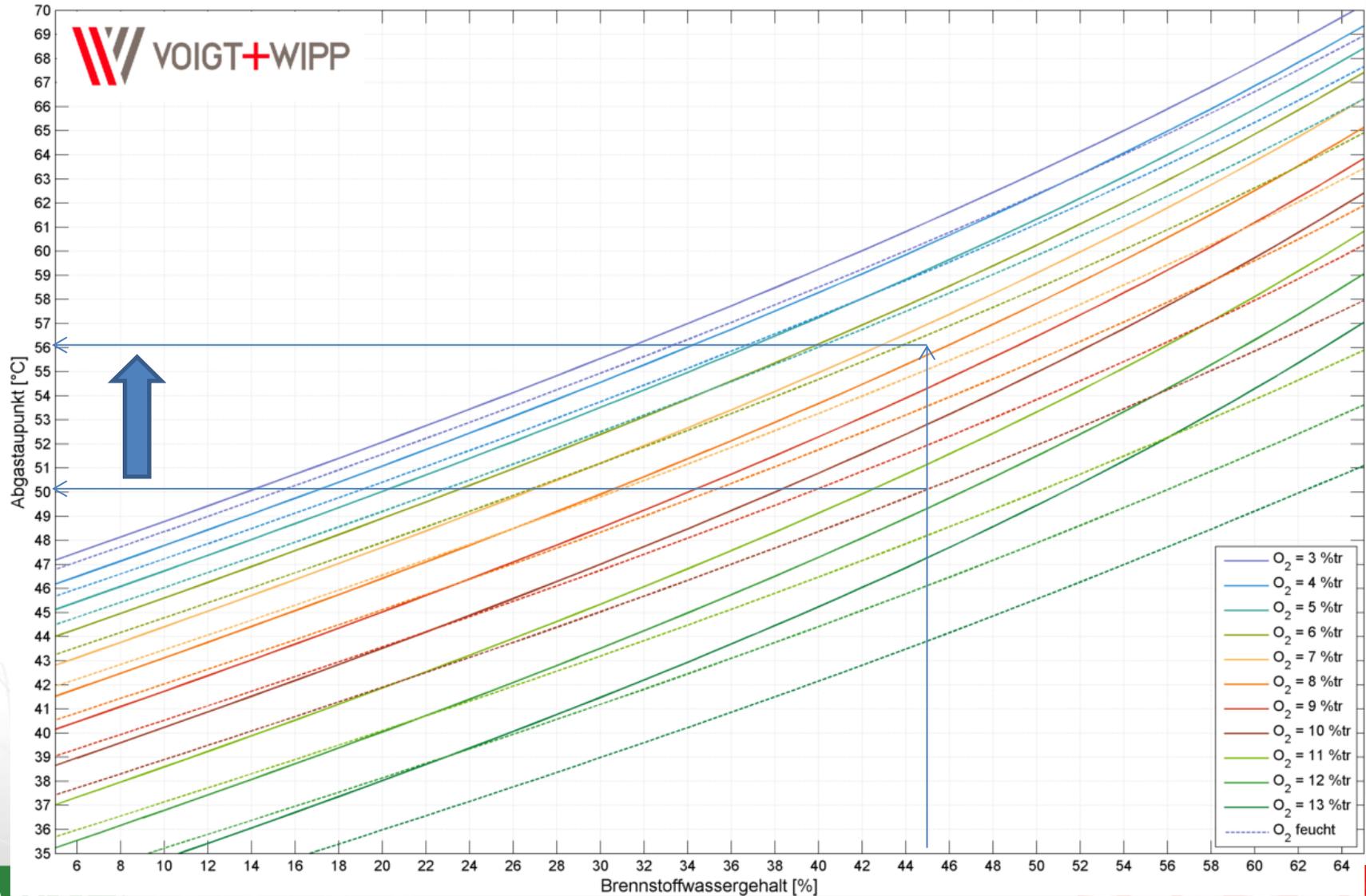
Abgasmessungen vor RGK - Anlage Volllast



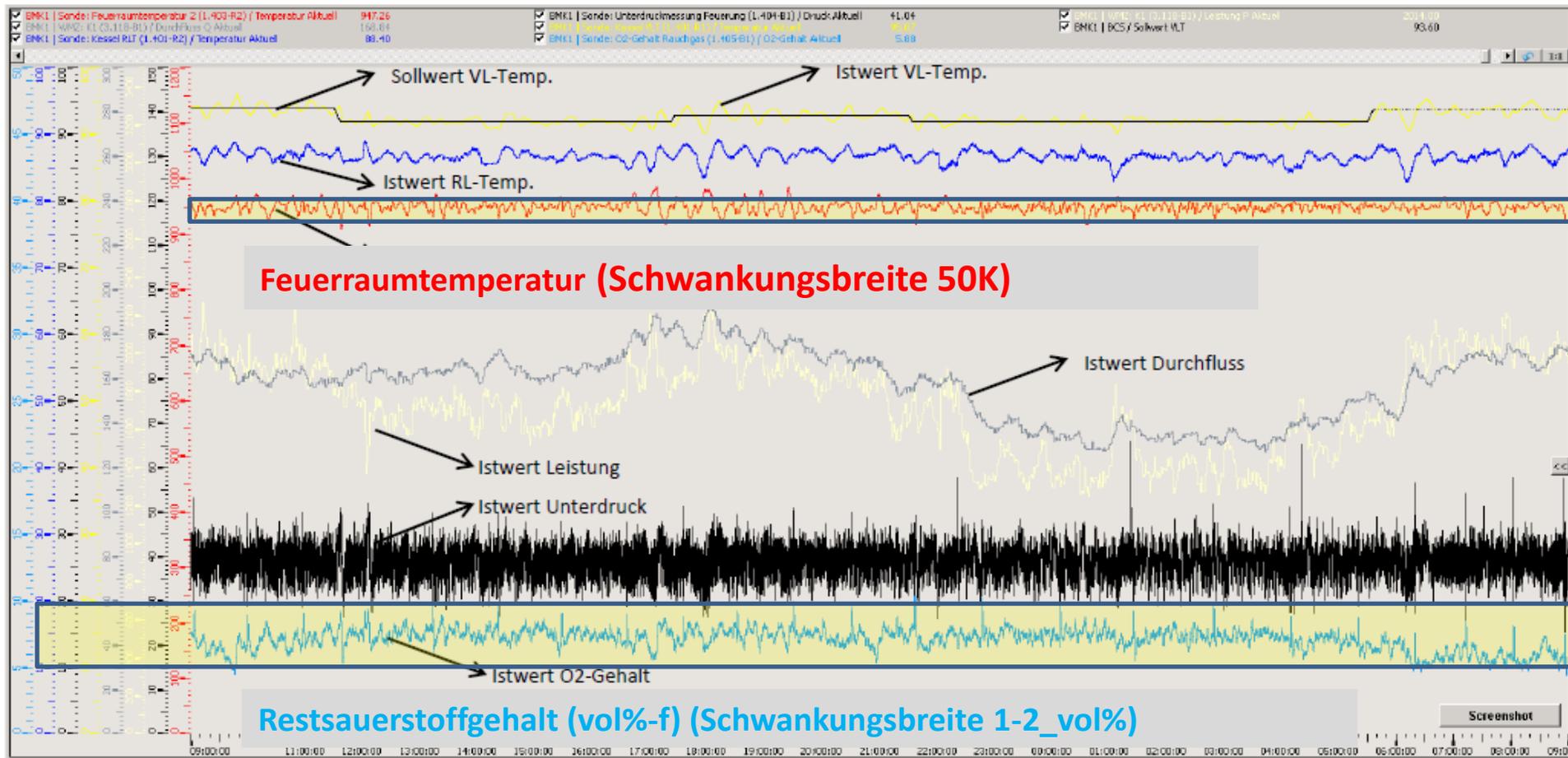
30 min Messdauer, konstanter Brennstoff,
nahezu konstante Leistung

Potentialerhöhung WRG

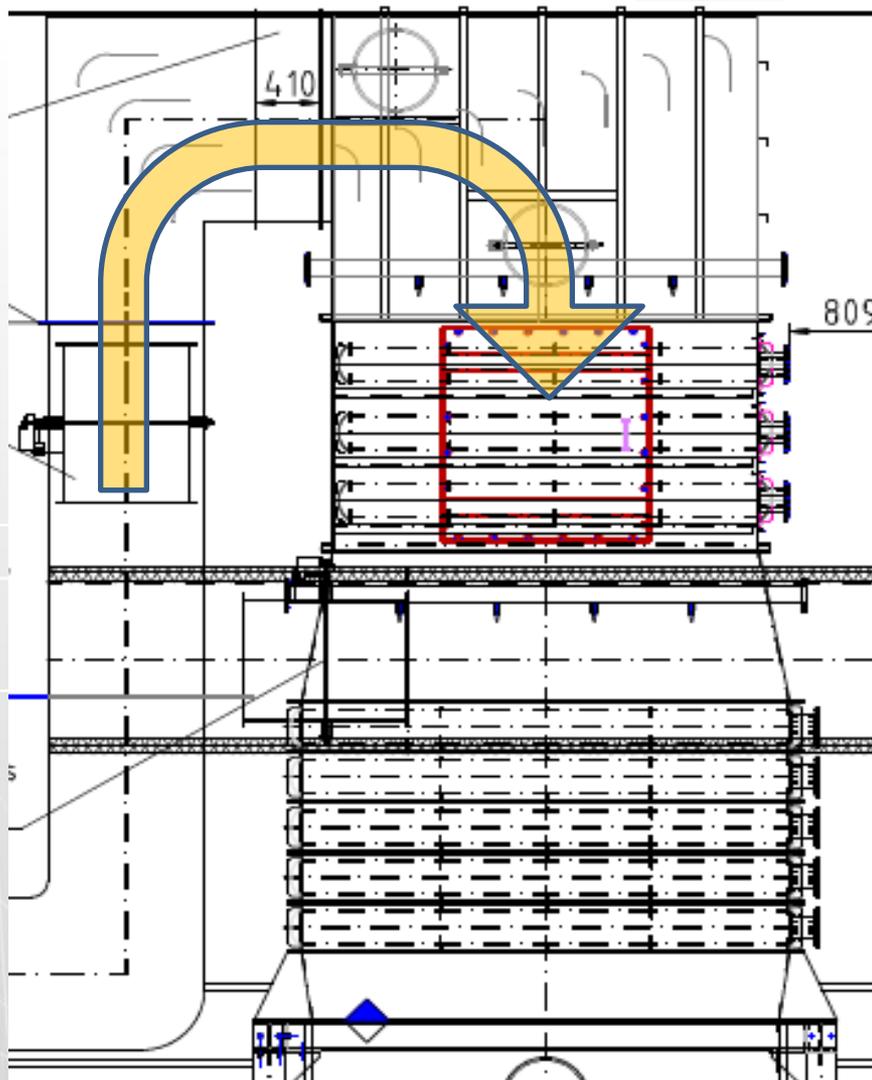
Abgastauptunkt für Hackgut - BST_{wf} : C:51,7% H:6% O:39,8% N:0,5% a:2% - $p_{abs}=950\text{mbar}$



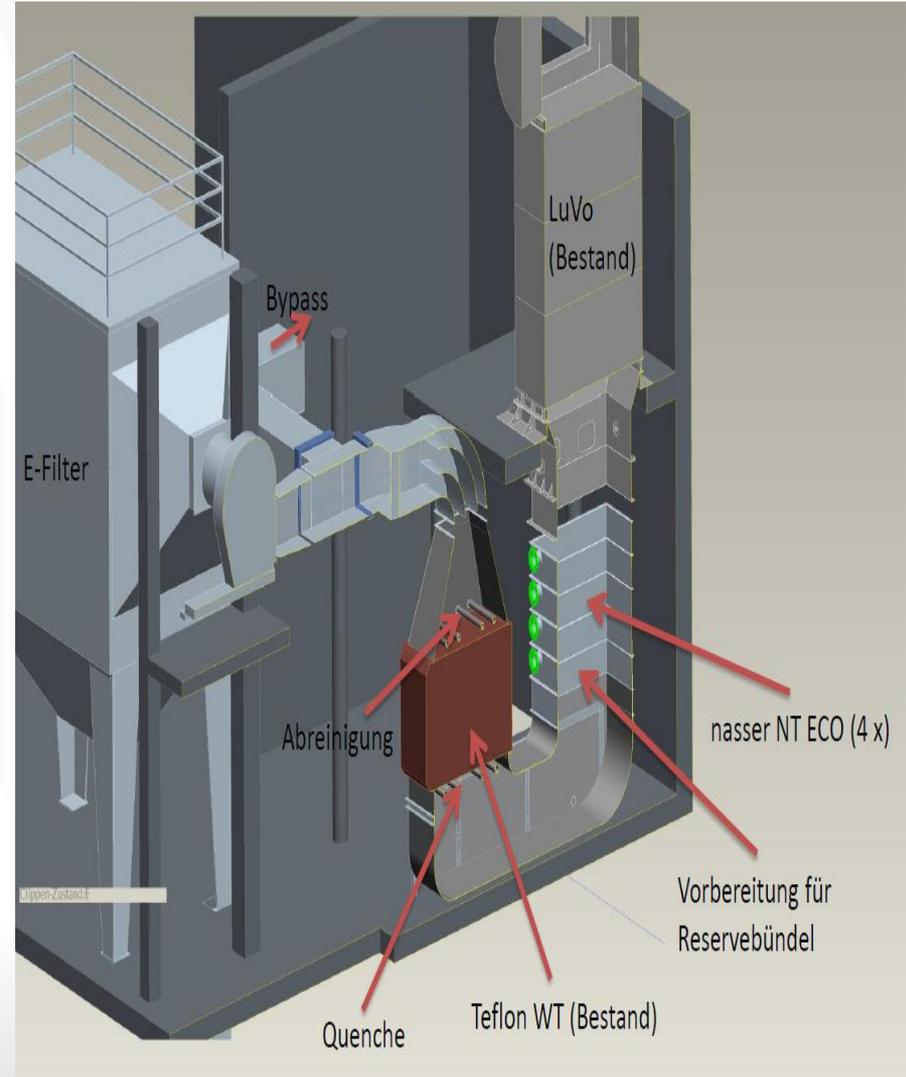
Optimierte Regelung (24h Daten)



- RG-Kondensationsanlage ist „Teil des Netzes“:
 - Hydraulisch durch **direkte** Einbindung des vollen Netzurücklaufes
 - Energetisch durch das Potential der RL-Energiesenke
- ➔ Die Netzurücklauftemperatur bestimmt maßgeblich die Leistung!
- ➔ 1K Reduktion des Rücklaufs steigert WRG um ca. 1,5%-Punkte



Altenmarkt



St. Veit /Pg.

- Umbaukonzept + Wirtschaftlichkeitsanalyse
- Möglichkeiten der Abwicklung:
 1. Umbauplanung in Eigenregie + Schlosser für Durchführung + Quercheck durch Studienteam
 2. Planung durch Ing. Büro + Fertiger
 3. Anlagenbauer für Gesamtleistung (+Planer)
- Unterschiede ergeben sich hinsichtlich:
 - Kosten
 - Qualität der Lösung
 - Garantien

- Ausgearbeitete Verbesserungskonzepte werden mit Heizwerken besprochen und übergeben.
- Endbericht wird erstellt und publiziert.
- Allgemeine Aussagen:
 - RGK Anlagen funktionieren zuverlässig und tragen wesentlich zu hoher Brennstoffnutzung bei
 - Fast alle RGK - Anlagen haben noch deutliches Verbesserungspotential im Hinblick auf
 - Steigerung der Wärmerückgewinnung
 - Betriebskostensparnis
 - Betriebsverbesserung
 - ...

- Anlagenauslegung und Anlagenplanung müssen auf die genannten Aspekte eingehen.
- Kunde/Planer sollte vom RGK-Lieferanten Garantien inkl. Nachweis einfordern:
 1. Leistung, Grädigkeit (inkl. Korrekturberechnung)
 2. Druckverluste, Eigenstromaufwand
 3. Anlagendichtheit, Materialeignung,...

➔ **Rauchgaskondensation ist eine bewährte Möglichkeit zur Steigerung des Brennstoffnutzungsgrades und der Anlagenleistung.**

➔ **Ein weitere Verbesserung bestehender Anlagen und Ausbau neuer Anlagen trägt zur Optimierung von Biomasseheizwerken wesentlich bei.**

- Fragen?

Michael Kupa
Energie- & Verfahrenstechnik
VOIGT+WIPP Engineers GmbH
Tel.: 0043 1 2350032 52
kupa@voigt-wipp.com
www.voigt-wipp.com