



## **Flexible Stromproduktion mit Holzheizkraftwerken Technische Randbedingungen**

Ersteller: Andreas Böffel  
Datum: Januar 2014

1. **Anlagentypen**
2. **Regelungsarten im Stromnetz**
3. **Übergeordnete Fragestellungen aus dem wärmegeführten KWK-Betrieb**
4. **Flexibler Betrieb des Wasser-Dampf-Kreislaufes**
5. **Flexibler Kesselbetrieb**
6. **Erfahrungen negative Minutenreserve**

## Kraftwerke zur Stromerzeugung

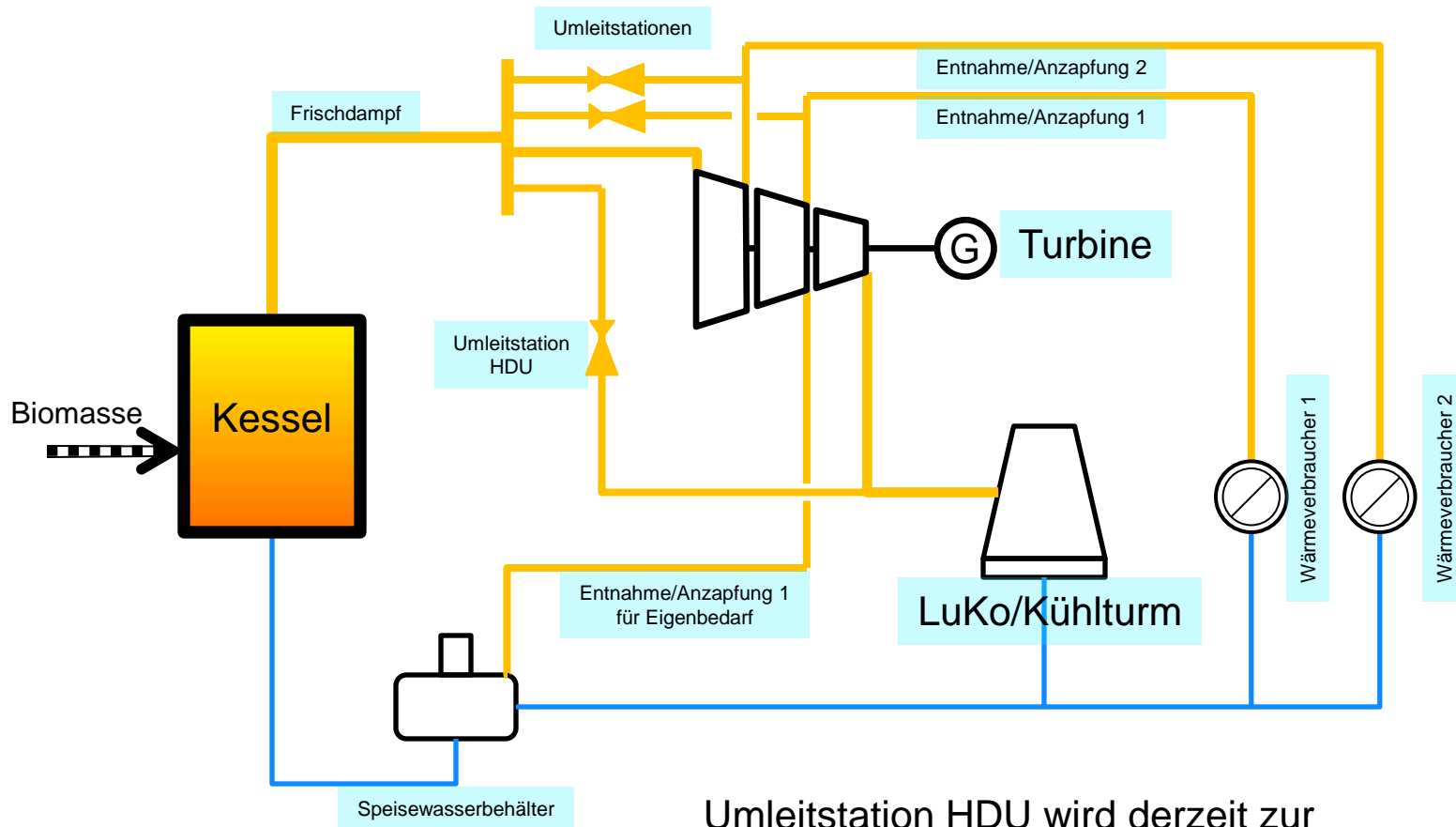
- Auslegung auf Fahrweise bei „100% Last“
- Elektrische Leistung i.d.R. zwischen 5 und 20 MW
- Wärmenutzung nur zur Deckung des internen Eigenbedarfs
  - Wasser-Dampf-Kraftwerke
  - ORC-Kraftwerke (?)

## Heizkraftwerke zur Wärme- und Stromerzeugung

- Auslegung auf Fahrweise bei „100% Last“
- Elektrische Leistung i.d.R. zwischen 0,5 und 20 MW
- Wärmenutzung zur Deckung des internen Eigenbedarfs
- Wärmenutzung zur Belieferung von externen Wärmeverbrauchern
  - Wasser-Dampf-Kraftwerke
    - Entnahme-Kondensations-Turbine (mit Anzapfung)
    - Gegendruck-Turbine
  - ORC-Heizkraftwerke

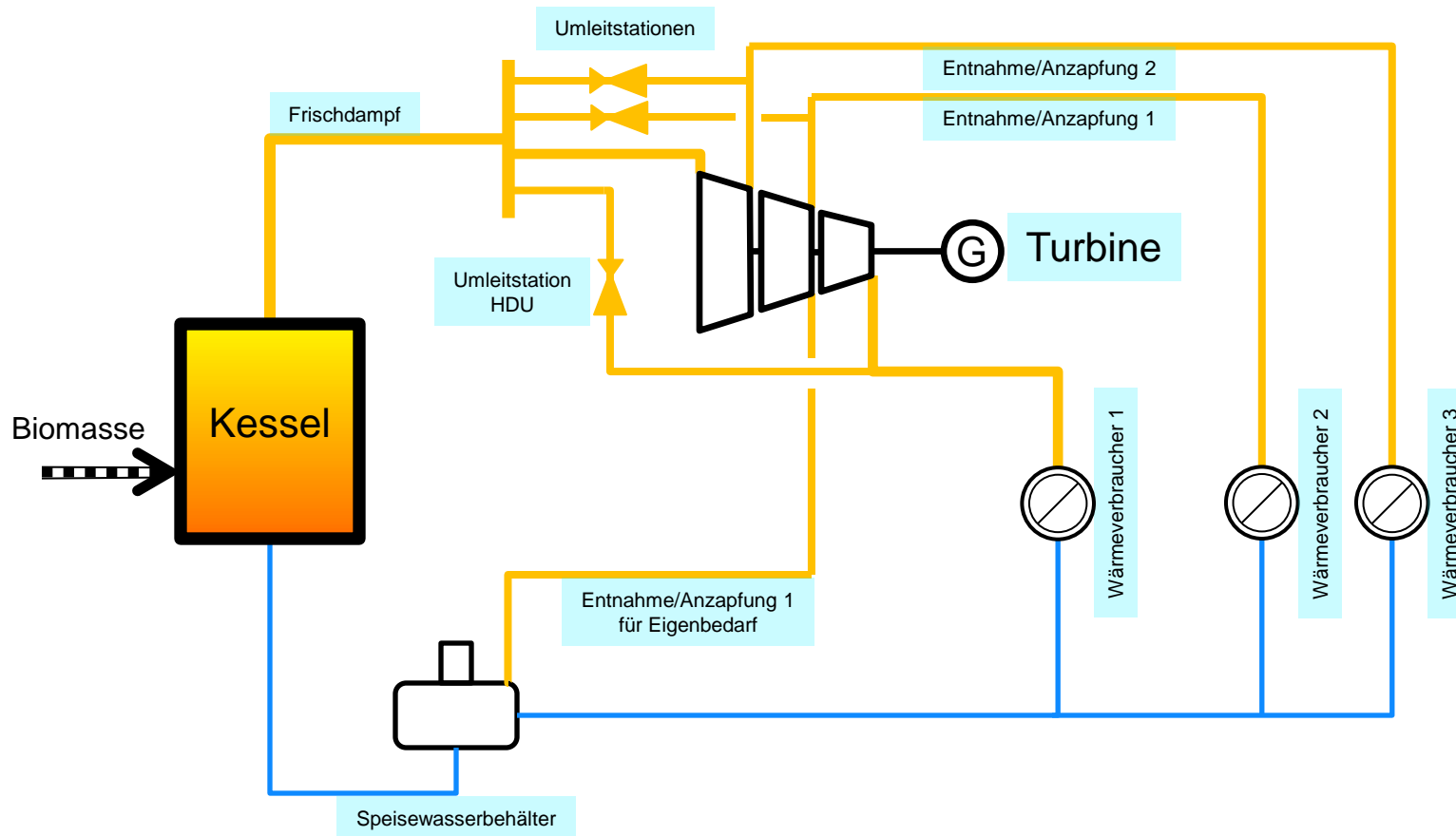
# (Heiz)Kraftwerke mit Wasser-Dampf-Kreislauf

## Heiz-Kraftwerk

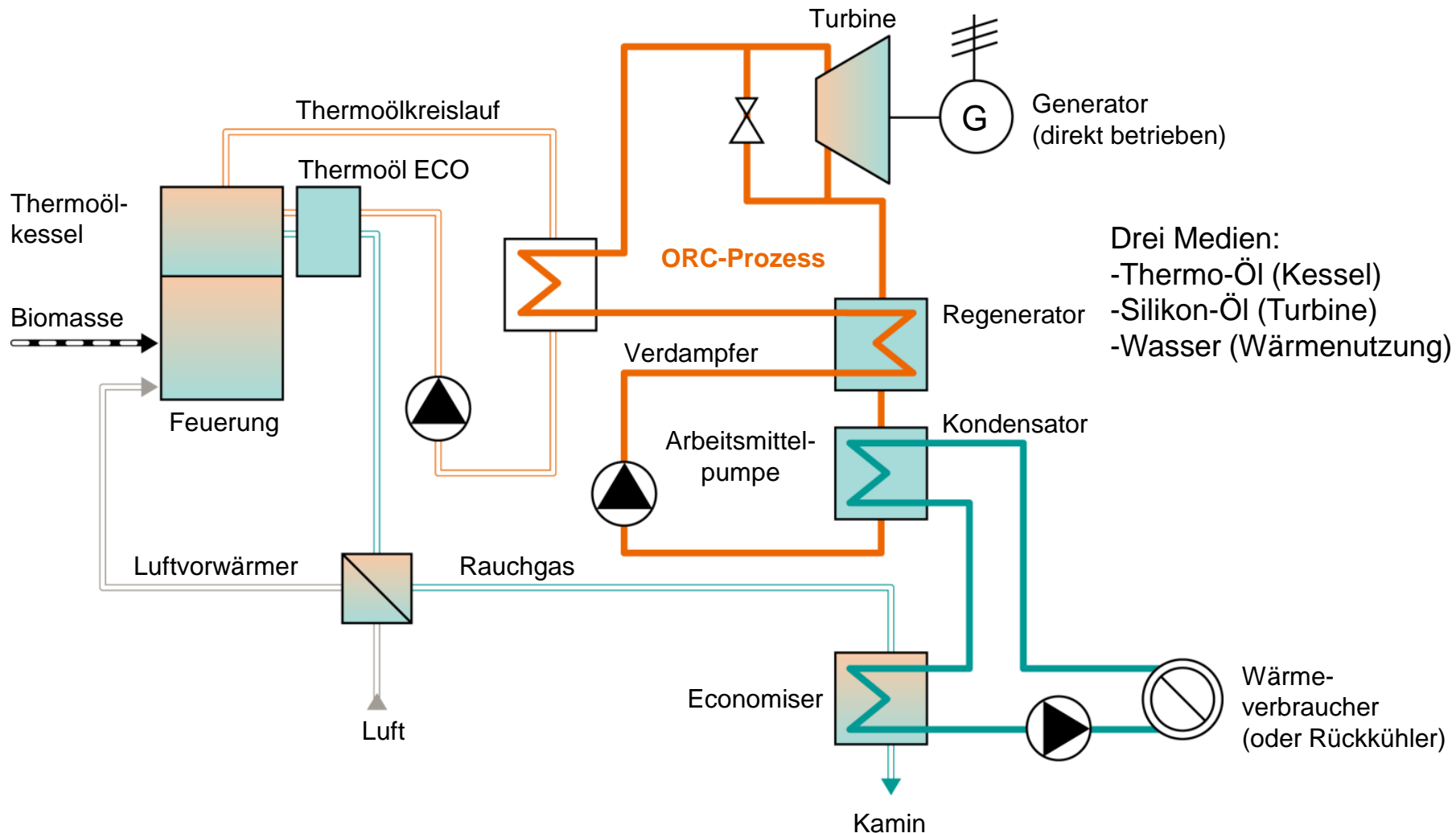


Umleitstation HDU wird derzeit zur Lastreduzierung im Rahmen der negativen Minutenreserve genutzt.

## Heiz-Kraftwerk mit Gegendruckturbine



# (Heiz)Kraftwerke mit Organic-Rankine-Cycle (ORC)



# Regelungsarten im Stromnetz

## 1. Primärregelung

- Bereitstellung (Aktivierung und Deaktivierung) der Regelleistung innerhalb von 30 Sekunden

## 2. Sekundärregelung

- Bereitstellung (Aktivierung und Deaktivierung) der Regelleistung innerhalb von 5 Minuten

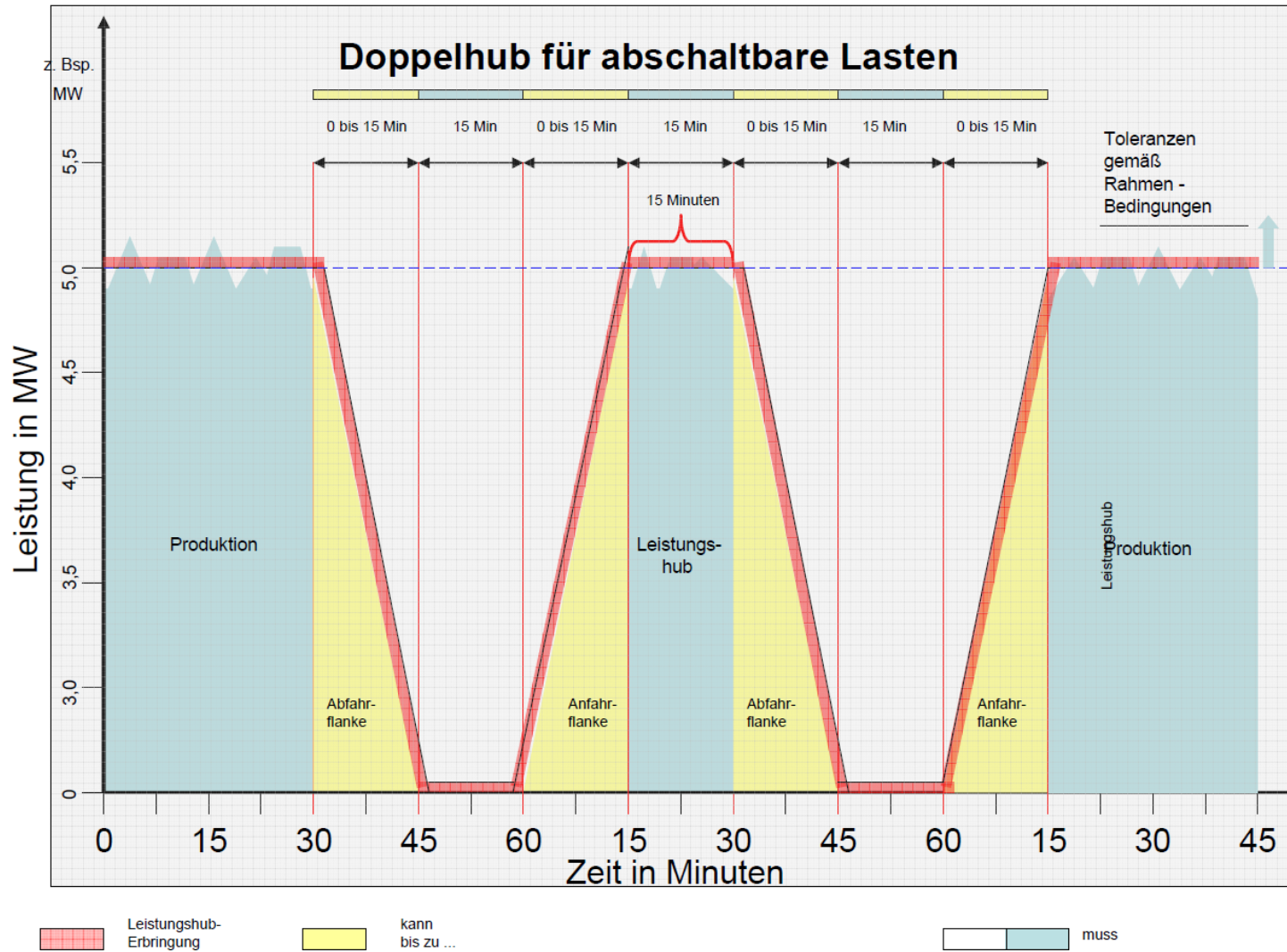
## 3. Tertiärregelung

- Bereitstellung (Aktivierung und Deaktivierung) der Regelleistung innerhalb von 15 Minuten
- „Fahrplanlieferung für 15 Minuten“ nach telefonischem Abruf
- Derzeit bereits realisiert, z.T. laufende Präqualifikationen

**Zukünftig: längere Teillastfahrten ?**

# Regelungsarten im Stromnetz

## Präqualifikation





1. **Wärme, die nicht aus dem KWK-Prozess erzeugt wird, muss mit Primärenergie abgedeckt werden**

- Folge i.d.R. höherer Einsatz von Erdgas oder HEL (Betreiber/Kunde)
- Auswirkungen auf den Bedarf an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten (Betreiber/Kunde)
- Auswirkungen auf Primärenergiefaktor (Kunde)
- Auswirkungen auf Erfüllungsgrad des EEG Wärme (Kunde)
- Möglicherweise Ersatzinvestitionen in Reserve- und Spitzenlastkesselanlagen erforderlich (Betreiber)

2. **Wärmebedarf des Verbrauchers im Winter höher als im Sommer**

- Folge i.d.R. jahreszeitlich bedingte Einschränkungen der Flexibilität der Fahrweise (vor allem bei Fernwärmenetzen)

3. **Wärmebedarf des Verbrauchers abhängig von Produktionsprozessen**

- Folge i.d.R. produktionsbedingte Einschränkungen der Flexibilität der Fahrweise

## Turbine und Turbinenregelung

- a. vorhandene An- und Abfahrkurven (thermische und mechanische Belastung)
- b. Zusammenwirken von Vor-Druck-Regelung und Leistungsregelung
- c. Zulässige Minimallast im Dauerbetrieb (Schwingungen)
- d. Anforderungen an Frischdampf Temperatur (Dampfnässe letzte Stufe)
- e. Zulässige minimale Dampfmenge zur Einhaltung der Mindestmengen über alle Turbinenstufen
- f. Weitere Einschränkungen aus physikalischem Einspeisepunkt des Stroms und Spannungsebene des Generators (?)

### Kurze Bewertung:

Punkte a und b lassen sich in einem gewissen Umfang durch ggf. Optimierungen verbessern.

Punkte c bis f sind durch die Konstruktion vorgegeben.

## Dampfumformstationen zur Umgehung der Turbine

- a. Funktion bei Parallelbetrieb mit der Turbine, da Auslegung und Regelung meist nur für An- und Abfahren sowie für Turbinentrip erfolgte

## Dampfumformstationen zur Versorgung von Wärmenutzern

- a. Sind sie vorhanden?
- b. Funktion bei Parallelbetrieb mit der Turbine und mit der Dampfumformstation zur Umgehung, da Auslegung und Regelung meist nur für An- und Abfahren sowie für Turbinentrip erfolgte

### Kurze Bewertung:

Die Punkte lassen sich durch Investitionen und durch Optimierungen verbessern.

## (Fest)Brennstoff

- a. Falls eine direkte Entsorgungsfunktion vorliegt (z.B. Späne und Stäube aus der Produktion) sind ggf. zusätzliche Brennstofflagerkapazitäten erforderlich.
- b. Größere Lastveränderungen des Kessels können nur für längere Zeiträume erfolgen

bei Reduzierung muss der vorhandene Festbrennstoff auf dem Rost verbrannt werden

bei Erhöhung muss Festbrennstoff erst auf den Rost gebracht werden und zünden

- c. Entmischung der Korngrößen des Brennstoffs bei geringen Durchsatzmengen kann zur ungleichmäßige Rostbeschickung führen

### Kurze Bewertung:

Die Punkte ergeben sich aus den Vorgaben des Brennstoffs und lassen sich nur durch einen anderen Brennstoff beeinflussen.

### Feuerungstechnik bei Schwachlastbetrieb des Kessels

- a. Regelbarkeit der Luftverteilung über Auslegung Klappen, Gebläse und Luftdüsen („Eindringtiefe“)
- b. geringe Brennstoffbelegung auf dem Rost wirkt sich auf die Luftverteilung durch den Rost aus (z.B. luftgekühlter Vorschubrost)
- c. gleichmäßige Verteilung des Brennstoffs über die Rostbreite
- d. „Feuerlänge“ auf dem Rost entsprechend Feuerungskonzept (Mittelstromfeuerung, Gleichstromfeuerung, Gegenstromfeuerung)

#### Kurze Bewertung:

Punkt a kann in einem gewissen Umfang durch Investitionen gelöst werden. Die restlichen Punkte sind durch die Konstruktion vorgegeben.

### Emissionen (Genehmigung)

- a. Einhaltung des 850°C-Kriterium mit Verweilzeiten
- b. Einhaltung der „Temperaturfenster“ für die Funktion der SNCR-Anlage (Grenzwerte für NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>, demnächst verschärft)
- c. Einhaltung des CO – Grenzwertes
- d. Einhaltung des Grenzwertes für Gesamt-C

### **Wärmetechnik bei Schwachlastbetrieb eines Kessels**

- a. Wie verhält sich die Einspritzung zur Regelung der Frischdampf­temperatur bei Schwachlast
- b. Wie verhält sich die Frischdampf­temperatur bei Schwachlast (minimal zulässige Dampf­temperatur an der Turbine einhalten)
- c. Einhalten einer minimalen Rauchgas­temperatur (Anforderungen Rauchgas­reinigung, keine Kondensation in den Rauchgas­kanälen)

#### **Kurze Bewertung:**

**Punkt a kann in einem gewissen Umfang durch Investitionen gelöst werden. Die restlichen Punkte sind durch die Konstruktion vorgegeben.**

## Biomassekraftwerk Lünen (BMK GmbH)

### Technische Daten:

Feuerungswärmeleistung:	68,40 MW
Frischdampf:	80 t/h bei 465° und 65 bar
Elektrische Leistung:	20 MW
Stromerzeugung: ca.	160.000 MWh/a

### Maßnahmen:

- Optimierung der Dampfdruckreduzierstation
- Optimierung der Kesselregelung
- Schulung der Anlagenfahrer und Organisation

### Vermarktung von negativer Minutenreserve

Präqualifizierte Leistung:	16 MW (Doppelhub 15 min)
Beginn der Vermarktung:	Januar 2013
Erster Aufruf:	Mai 2013
Anzahl der Aufrufe in 2013:	20 Stück
„negative“ Arbeit:	ca. 387 MWh (mit An- und Abfahren)

# Flexibler Betrieb der Kesselanlage

## Erfahrungen „Negative Minutenreserve“

Abrufe BMK Lünen in der Zeit vom 01.05.2013-31.12.2013

Datum	Beginn Uhrzeit	Ende Uhrzeit		neg	Leistung MW	Arbeit MWh
10.05.2013	10:45	11:30	00:45	x	7	7,0
04.08.2013	10:00	10:15	00:15	x	16	8,0
28.09.2013	20:45	21:15	00:30	x	9	6,7
29.09.2013	11:45	14:45	03:00	x	16	52,0
27.10.2013	09:45	10:00	00:15	x	16	8,0
27.10.2013	10:15	11:15	01:00	x	16	20,0
04.11.2013	04:30	05:00	00:30	x	16	12,0
04.11.2013	05:30	05:45	00:15	x	16	8,0
21.12.2013	00:45	01:00	00:15	x	12	6,0
23.12.2013	11:45	12:45	01:00	x	16	20,0
24.12.2013	18:15	20:00	01:45	x	16	32,0
26.12.2013	00:45	01:00	00:15	x	16	8,0
27.12.2013	03:45	04:00	00:15	x	16	8,0
27.12.2013	06:30	13:15	06:45	x	16	112,0
27.12.2013	15:30	16:00	00:30	x	16	12,0
27.12.2013	19:45	20:00	00:15	x	16	8,0
30.12.2013	07:30	07:45	00:15	x	16	8,0
30.12.2013	08:00	08:15	00:15	x	16	8,0
30.12.2013	11:00	12:15	01:15	x	16	24,0
30.12.2013	16:15	17:15	01:00	x	16	20,0
			Summe			Summe
			20,25 h			387,75

20 Stunden 15 Minuten



# Flexibler Betrieb der Kesselanlage Erfahrungen „Negative Minutenreserve“



**stead**