

Fachsymposium 2013 – Verein zur Förderung der Ingenieurausbildung der  
Gebäude- und Energietechnik Dresden e.V.



## Thema:

„Beurteilung der technischen Verwertung von überschüssiger  
Elektroenergie“

## Spezialisierung:

„Nutzung von überschüssiger Elektroenergie zur  
Gebäudebeheizung“

1. Motivation
2. Überschüssige Elektroenergie
3. Regelenergie
4. Negative Minutenreserveleistung
5. Gebäudebeheizung
6. Modell/Simulation/Ablauf
7. Ergebnisse
8. Zusammenfassung und Ausblick

- Elektroenergie schlecht speicherbar  $\rightarrow$  bedarfsgerechte Erzeugung  
Einspeisung = Entnahme

- Strom aus Erneuerbaren Energien:

- fluktuierendes Angebot

- laut EEG => bevorzugte Einspeisung (gegenüber konv. Erzeugung)



- hohes Windaufkommen, starke Sonneneinstrahlung



- Überschüsse im Stromnetz



- Energiewende (Ausbau Erneuerbare Energie)  $\rightarrow$  Effekt verstärkt



- Netzstabilität  $\rightarrow$  Überschüsse aus Netz entnehmen  
(z.B. Umwandlung in Wärme und Nutzung als Heizenergie)

## Ziel der Arbeit:

ökonomische Vorteile ?

ökologische Vorteile ?



konventionelle Beheizung

„Nutzung von überschüssiger Elektroenergie zur Gebäudebeheizung“

## 2. Überschüssige Elektroenergie

**Bedingung für stabiles Stromnetz:** - Einspeisung = Entnahme  
- Netzfrequenz = 50 Hz

**Einspeisung > Entnahme:** - Frequenz > 50 Hz  
- Sicherheitsabschaltung von z.B. Kraftwerken, Leitungen  
→ Stromausfall

**Überschüssige Elektroenergie = Elektroenergie die nicht verbraucht wird**

### Entstehung:

#### ungeplanter Wegfall von Verbrauchern

- Ausfall von Stromleitungen  
(Verbraucher werden nicht erreicht)
- Ausfall von Verbrauchern
- Bedarf geringer als prognostiziert

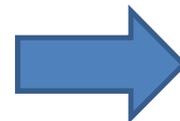
#### ungeplant hohe Einspeisung

- Sonneneinstrahlung höher als Prognose
- Windaufkommen höher als Prognose

Annahme

### Ausgleich:

- Verringerung der Einspeisung
- Erhöhung des Verbrauchs



**Regelenergie**

# 3. Regelenergie

**Begriff:** Elektrische Energie um Netzfrequenz von 50 Hz zu halten

**Verantwortung:** Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Unterteilung</b> | Positive Regelenergie  | Negative Regelenergie                                       |
| <b>Einsatz</b>      | $f < 50 \text{ Hz}$  | $f > 50 \text{ Hz}$   |
| <b>Anbieter</b>     | Kraftwerke ...P $\updownarrow$<br>Verbraucher...P $\downarrow\uparrow$ | Kraftwerke ....P $\downarrow$<br>Verbraucher...P $\uparrow$ |



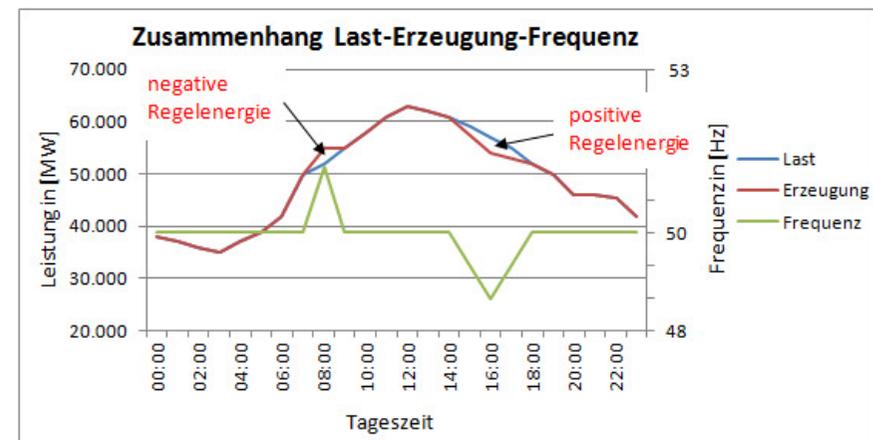
Quelle: [19]

|                             |               |                 |                |                   |
|-----------------------------|---------------|-----------------|----------------|-------------------|
| <b>Art</b>                  | Primärreserve | Sekundärreserve | Minutenreserve | Stundenreserve    |
| <b>Dauer bis Erbringung</b> | 30 s          | 5 min           | 7,5 min        | Einsatz nach 1 h  |
| <b>Erbringungsdauer</b>     | 15 min        | 15 min          | 4 x 15 min     | Verantwortung bei |
| <b>Ausschreibung</b>        | wöchentlich   | wöchentlich     | täglich        | Bilanzkreisen     |

**Ausschreibung:** - [www.regelleistung.net](http://www.regelleistung.net)  
- anonyme Gebotsabgabe  
- beste Angebote gewinnen

**Anbieter:** - Präqualifikation

**Vergütung:** - Bereitstellung (Leistungspreis-LP)  
- Lieferung (Arbeitspreis-AP)  
- durch ÜNB an Anbieter

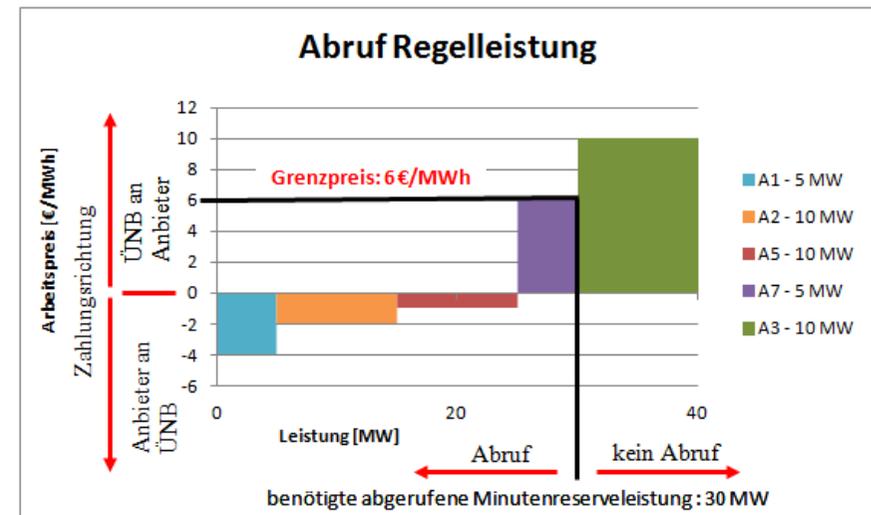
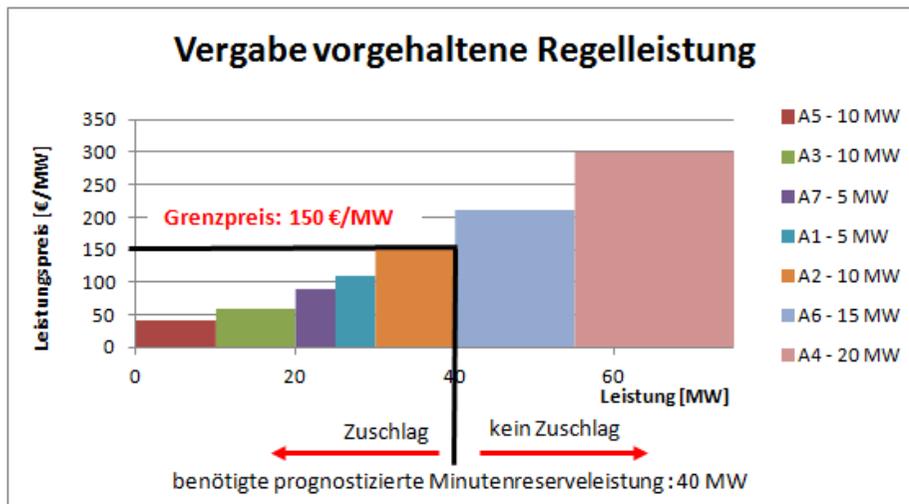


# 4. Negative Minutenreserveleistung (neg MRL)

- Vorteile von neg MRL:**
- tägliche Ausschreibung => besser planbar
  - längste Aktivierungszeit => technisch weniger aufwändig

- Eigenschaften neg MRL:**
- Vorhaltung für jeweils 4 h => 6 Zeitscheiben pro Tag
  - Abruf erfolgt in ¼ h Schritten
  - Leistung min. 5 MW (kleinere Anbieter => Poolung möglich)
  - Bedarf Vorhaltung ca. 2.500 MW
  - Vergabe Reihenfolge niedrigster LP
  - max. 50.000 €/MW/a - min. 16.000 €/MW/a
  - Abruf Reihenfolge niedrigster AP (zwei Zahlungsrichtungen)

**Ausschreibung:** - anonymes Angebot (Zeitscheibe, Leistung, geforderter LP + AP)



# 4. Negative Minutenreserveleistung

## Abrufe neg MRL:

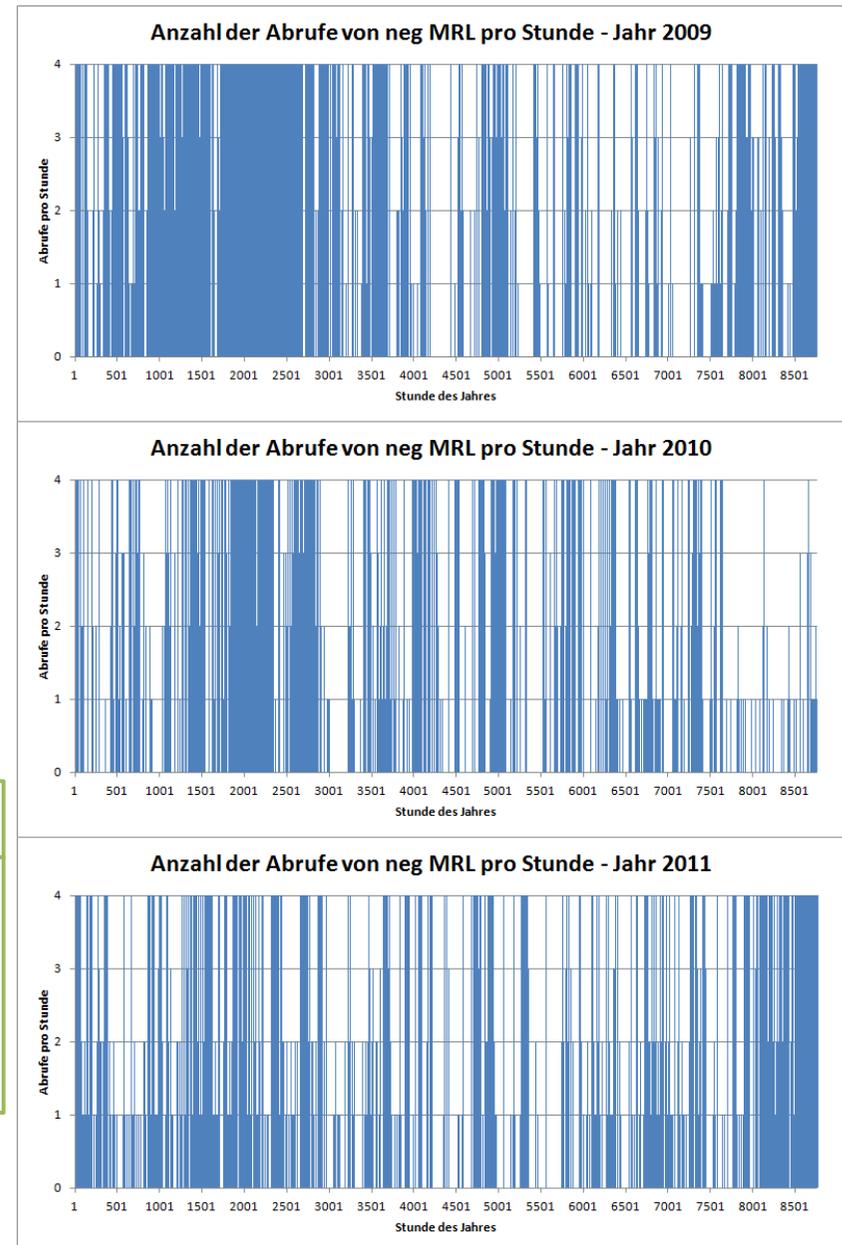
| Jahr          | 2009  | 2010  | 2011  |
|---------------|-------|-------|-------|
| Anzahl Abrufe | 9.329 | 5.696 | 5.671 |
| Energie [GWh] | 1.344 | 798   | 1.152 |

**theoretisches Potential für Beheizung**

### Bedeutung Diagramm:

**Blau** => Abruf => Wärme aus neg MRL

**Weiß** => kein Abruf => Wärme aus Speicher oder Zusatzwärmeerzeuger

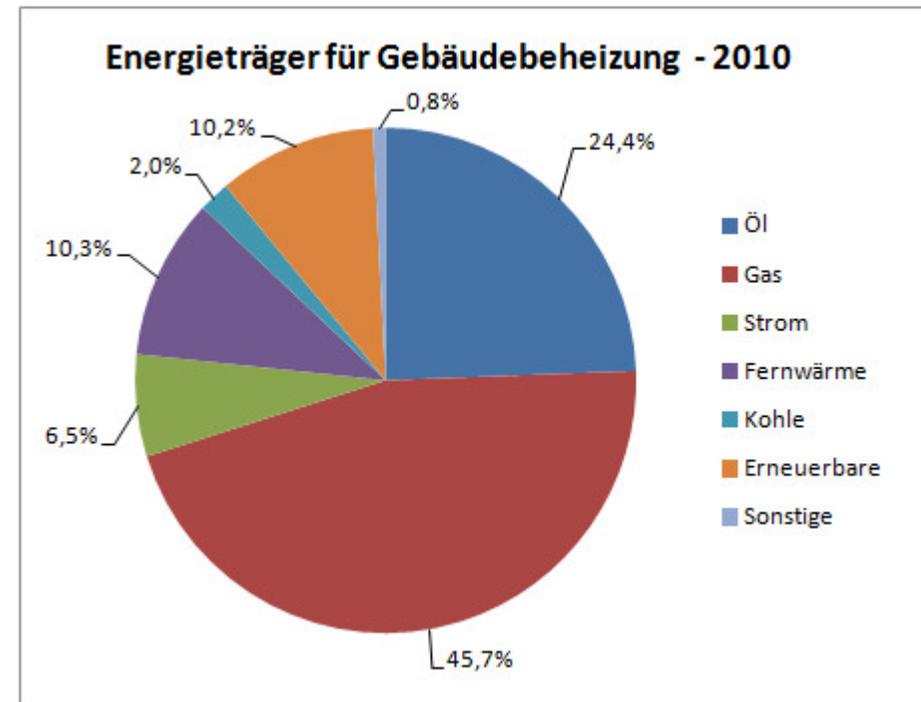


# 5. Gebäudebeheizung

**Endenergieverbrauch Deutschland 2010 : 2.518 TWh**

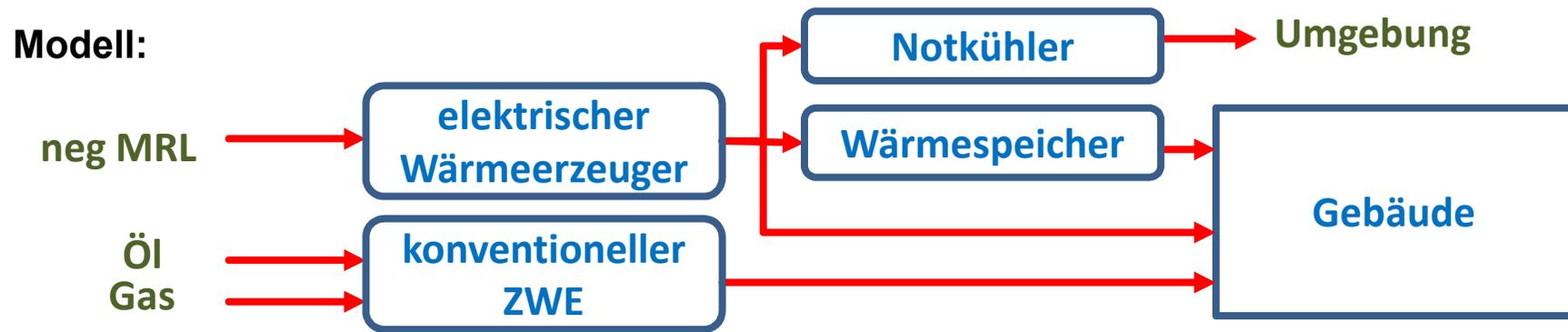
**Endenergieverbrauch Gebäudebeheizung 2010 : 887 TWh (Anteil 35,2 %)**  
(Raumwärme + Warmwasser)

| Energieträger<br>Jahr 2010 | Absolut<br>[TWh] | Anteil<br>[%] |
|----------------------------|------------------|---------------|
| Öl                         | 216,2            | 24,4          |
| Gas                        | 405,2            | 45,7          |
| Strom                      | 57,9             | 6,5           |
| Fernwärme                  | 91,3             | 10,3          |
| Kohle                      | 17,8             | 2,0           |
| Erneuerbare                | 90,5             | 10,2          |
| Sonstige                   | 7,2              | 0,8           |
| gesamt                     | 887,0            | 100,0         |



**Zusatzwärmeerzeuger: Öl und Gas**

# 6. Modell/Simulation/Ablauf



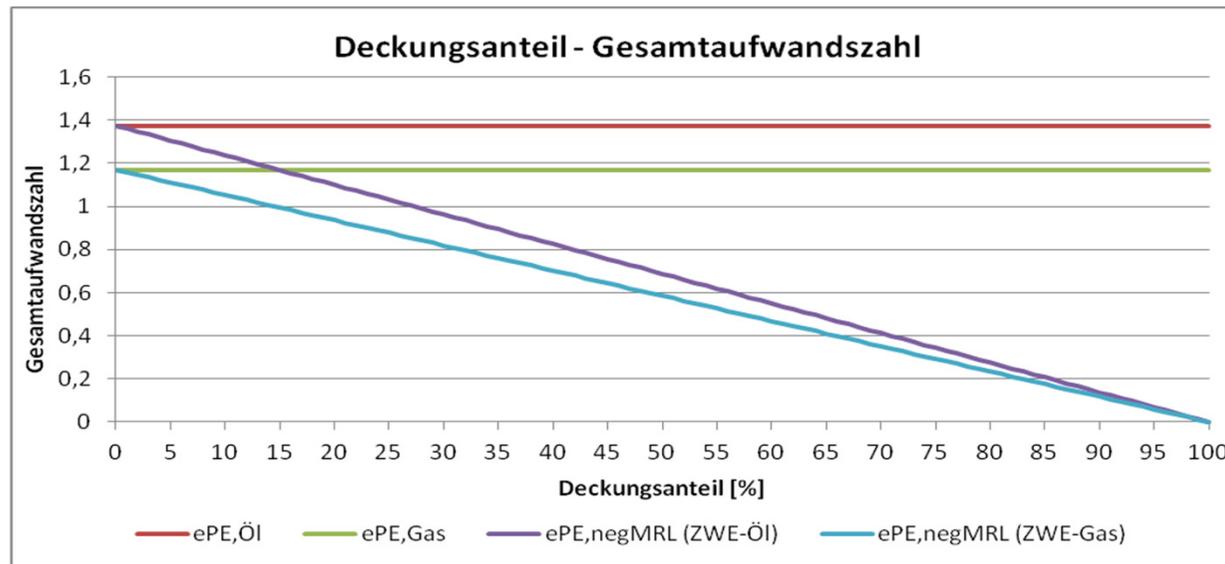
- Simulation:**
- MS Excel
  - 3 Jahre, stündliche Betrachtung
  - Daten neg MRL (Abrufe, LP, AP) reale Daten 2009-2011
  - 3 typische Jahreswärmebedarfe von Gebäuden
    - 15.000 kWh (z.B. EFH – BJ. 1996 - 140 m<sup>2</sup>)
    - 80.000 kWh (z.B. KMH – BJ. 1980 - 610 m<sup>2</sup>)
    - 240.000 kWh (z.B. GMH – BJ. 1950 – 1400 m<sup>2</sup>)

- Ablauf:**
- Volumen Sp. (20) + Leistung WE (100) pro JWB
  - Berechnung jeder Variante aus Sp. + WE
    - ⇒ Ergebnis: **Deckungsanteil**  
(Anteil Wärme aus neg MRL an JWB)
  - Varianten mit 1/3, 2/3 und max. Deckungsanteil
    - ⇒ Kostenbetrachtung
  - Wärmegestehungskosten, Amortisationszeit, Investitionskosten

|  |      | Speichervolumen [m <sup>3</sup> ] |       |       |       |       |                    |
|--|------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
|  |      | 1                                 | 7     | 9     | 10    | 30    |                    |
| Leistung elektrischer Wärmeerzeuger [kW] | 1    | 14,92                             | 13,91 | 13,91 | 13,91 | 13,91 | Deckungsanteil [%] |
|  | 2    | 27,89                             | 23,57 | 22,64 | 22,21 | 19,16 |                    |
|  | 3    | 38,48                             | 35,58 | 34,37 | 33,50 | 23,37 |                    |
|  | 4    | 45,23                             | 46,58 | 45,28 | 44,53 | 30,99 |                    |
|  | 6    | 51,30                             | 62,28 | 61,95 | 61,66 | 47,14 |                    |
|  | 7    | 49,92                             | 67,32 | 67,29 | 66,97 | 55,45 |                    |
|  | 13   | 38,05                             | 83,98 | 85,23 | 85,32 | 82,09 |                    |
|  | 14   | 33,06                             | 83,47 | 85,63 | 86,24 | 84,35 |                    |
|  | 33   | 1,12                              | 86,22 | 91,81 | 93,04 | 96,38 |                    |
|  | 34   | 1,05                              | 84,78 | 92,16 | 93,42 | 96,56 |                    |
|  | 37   | 0,45                              | 82,68 | 90,78 | 93,05 | 96,84 |                    |
|  | 79   | 0,00                              | 39,79 | 64,14 | 69,01 | 98,17 |                    |
|  | 80   | 0,00                              | 37,17 | 62,75 | 68,58 | 98,18 |                    |
|  | 81   | 0,00                              | 34,41 | 62,96 | 69,06 | 98,33 |                    |
| 84                                       | 0,00 | 27,72                             | 59,65 | 67,41 | 97,67 |       |                    |
| 98                                       | 0,00 | 11,62                             | 40,88 | 55,92 | 98,44 |       |                    |
| 99                                       | 0,00 | 11,12                             | 42,35 | 55,09 | 98,31 |       |                    |
| 100                                      | 0,00 | 10,48                             | 41,63 | 53,50 | 98,15 |       |                    |

# 7. Ergebnisse

- Ökonomisch (allgemein):**
- Haupteinsparpotential - geringere Ausgaben für Brennstoffe
  - Einnahmen durch Leistungspreis
  - Verhältnis 2:1
  - keine Einnahmen durch Arbeitspreis => Abruf angestrebt
  - Einsparpotential ZWE Öl > ZWE Gas => Brennstoffkosten Öl höher
- Ökologisch (allgemein):**
- Annahme: überschüssige Elektroenergie aus Erneuerbaren Energien
  - => kein Primärenergieverbrauch bei Einsatz neg MRL
  - => hoher Deckungsanteil = niedriger PE-Verbrauch bei Beheizung

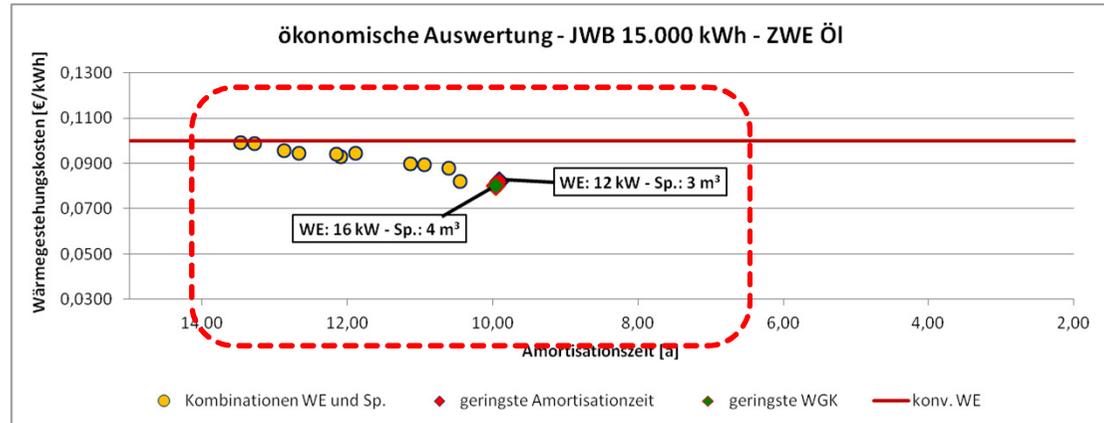


**Beheizung mit neg MRL ist ökologisch sinnvoll**

# 7. Ergebnisse

## Vergleich: ZWE Öl – ZWE Gas - JWB 15.000 kWh

### Öl:



### Kostenbetrachtung:

- Lebensdauer 20 Jahre
- Nachrüstung in Gebäude
- keine Investitionskosten für ZWE und Heizsystem
- WGK konv. Beheizung aus Wartungs- und Brennstoffkosten
- LP – 75 % von GrenzLP
- Anteil Poolanbieter 40 % von LP

| Leistung el. WE                 | Volumen Speicher | Deckungsanteil | Nutzungsgrad | Anz. Teilnahme Aus-schreibung | Investitions-kosten | Amorti-sationszeit | spez. WGK | WGK pro Jahr | Einsparung pro Jahr | proz. Einsparung |
|---------------------------------|------------------|----------------|--------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------------|------------------|
| kW                              | m³               | %              | %            | (max. 1095)                   | €                   | a                  | €         | €/a          | €/a                 | %                |
| <b>konventionelle Beheizung</b> |                  |                |              |                               |                     |                    | 0,1000    | 1.500,00     |                     |                  |
| 16                              | 4                | 79,72          | 71,96        | 740                           | 11.213,68           | 9,95               | 0,0799    | 1.198,29     | 301,71              | 20,1%            |
| 12                              | 3                | 72,90          | 75,32        | 820                           | 9.968,80            | 9,91               | 0,0818    | 1.227,36     | 272,64              | 18,2%            |
| 17                              | 5                | 83,55          | 71,85        | 732                           | 12.267,65           | 10,44              | 0,0819    | 1.227,98     | 272,02              | 18,1%            |
| 8                               | 2                | 63,26          | 79,60        | 918                           | 8.868,86            | 10,60              | 0,0877    | 1.315,91     | 184,09              | 12,3%            |
| 7                               | 3                | 64,87          | 81,55        | 989                           | 9.018,86            | 10,93              | 0,0892    | 1.338,73     | 161,27              | 10,8%            |
| 7                               | 4                | 66,71          | 81,09        | 1.011                         | 9.323,86            | 11,13              | 0,0899    | 1.348,06     | 151,94              | 10,1%            |
| 19                              | 3                | 65,30          | 67,99        | 610                           | 11.613,59           | 12,08              | 0,0929    | 1.393,38     | 106,62              | 7,1%             |
| 7                               | 5                | 67,20          | 81,45        | 1.022                         | 10.142,86           | 12,15              | 0,0941    | 1.411,76     | 88,24               | 5,9%             |
| 6                               | 1                | 51,30          | 78,73        | 966                           | 7.997,86            | 11,89              | 0,0944    | 1.415,78     | 84,22               | 5,6%             |
| 26                              | 6                | 86,69          | 70,20        | 577                           | 15.189,38           | 12,67              | 0,0946    | 1.418,48     | 81,52               | 5,4%             |
| 29                              | 7                | 89,37          | 68,32        | 547                           | 16.238,29           | 12,86              | 0,0955    | 1.432,55     | 67,45               | 4,5%             |
| 7                               | 6                | 67,21          | 80,54        | 1.029                         | 10.949,86           | 13,27              | 0,0987    | 1.480,81     | 19,19               | 1,3%             |
| 31                              | 8                | 91,32          | 69,76        | 533                           | 17.033,23           | 13,47              | 0,0992    | 1.488,38     | 11,62               | 0,8%             |

### Gas:

| Leistung el. WE                 | Volumen Speicher | Deckungsanteil | Nutzungsgrad | Anz. Teilnahme Aus-schreibung | Investitions-kosten | Amorti-sationszeit | spez. WGK | WGK pro Jahr | Einsparung pro Jahr | proz. Einsparung |
|---------------------------------|------------------|----------------|--------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|-----------|--------------|---------------------|------------------|
| kW                              | m³               | %              | %            | (max. 1095)                   | €                   | a                  | €         | €/a          | €/a                 | %                |
| <b>konventionelle Beheizung</b> |                  |                |              |                               |                     |                    | 0,0677    | 1.015,50     |                     |                  |
| 12                              | 3                | 72,90          | 75,32        | 820                           | 9.968,80            | 14,29              | 0,0701    | 1.051,10     | -35,60              | -3,5%            |
| 16                              | 4                | 79,72          | 71,96        | 740                           | 11.213,68           | 14,29              | 0,0704    | 1.055,27     | -39,77              | -3,9%            |

# 7. Ergebnisse

## JWB 240.000 kWh - ZWE Gas

### Kriterien für Auswahl einer Variante:

- niedrigste WGK
- Amortisationszeit
- Investitionskosten
- Raumbedarf für Speicher

| Leistung el. WE                 | Volumen Speicher | Deckungsanteil | Nutzungsgrad | Anz. Teilnahme Aus-schreibung (max. 1095) | Investitionskosten | Amortisationszeit | spez. WGK | WGK pro Jahr | Einsparung pro Jahr | proz. Einsparung |
|---------------------------------|------------------|----------------|--------------|---|--------------------|-------------------|-----------|--------------|---------------------|------------------|
| kW                              | m³               | %              | %            |   | €                  | a                 | €         | €/a          | €/a                 | %                |
| <b>konventionelle Beheizung</b> |                  |                |              |   |                    |                   | 0,0666    | 15.984,00    |                     |                  |
| 180                             | 40               | 70,29          | 77,47        | 818                                       | 74.750,85          | 6,44              | 0,0412    | 9.890,17     | 6.093,83            | 38,1%            |
| 155                             | 30               | 63,13          | 82,76        | 878                                       | 57.691,11          | 3,69              | 0,0421    | 10.103,71    | 5.880,29            | 36,8%            |
| 210                             | 50               | 75,30          | 75,70        | 766                                       | 88.937,23          | 7,27              | 0,0429    | 10.294,44    | 5.689,56            | 35,6%            |
| 125                             | 40               | 66,87          | 83,89        | 934                                       | 63.316,41          | 6,11              | 0,0429    | 10.292,43    | 5.691,57            | 35,6%            |
| 105                             | 20               | 55,96          | 82,86        | 931                                       | 43.267,01          | 4,88              | 0,0429    | 10.302,23    | 5.681,77            | 35,5%            |
| 135                             | 25               | 59,13          | 81,41        | 853                                       | 54.394,11          | 5,63              | 0,0430    | 10.323,97    | 5.660,03            | 35,4%            |
| 240                             | 60               | 78,86          | 73,59        | 744                                       | 102.622,42         | 7,89              | 0,0439    | 10.529,70    | 5.454,30            | 34,1%            |
| 90                              | 15               | 51,19          | 81,93        | 966                                       | 36.895,46          | 4,55              | 0,0442    | 10.600,46    | 5.383,54            | 33,7%            |
| 75                              | 10               | 45,37          | 82,84        | 995                                       | 28.692,91          | 3,97              | 0,0453    | 10.878,01    | 5.105,99            | 31,9%            |
| 255                             | 40               | 67,11          | 71,96        | 692                                       | 85.904,63          | 7,52              | 0,0454    | 10.892,30    | 5.091,70            | 31,9%            |
| 110                             | 50               | 65,93          | 85,07        | 983                                       | 67.816,86          | 6,89              | 0,0464    | 11.131,24    | 4.852,76            | 30,4%            |
| 285                             | 80               | 84,06          | 74,02        | 716                                       | 127.089,49         | 9,12              | 0,0475    | 11.404,22    | 4.579,68            | 28,7%            |
| 60                              | 5                | 39,16          | 82,13        | 1.044                                     | 22.371,36          | 3,66              | 0,0480    | 11.516,38    | 4.467,62            | 28,0%            |
| 110                             | 60               | 66,76          | 83,98        | 1.003                                     | 75.691,86          | 7,65              | 0,0486    | 11.660,84    | 4.323,16            | 27,0%            |
| 90                              | 5                | 33,54          | 75,89        | 833                                       | 29.420,46          | 4,64              | 0,0492    | 11.817,19    | 4.166,81            | 26,1%            |
| 150                             | 10               | 33,38          | 71,19        | 645                                       | 45.314,47          | 6,47              | 0,0513    | 12.320,96    | 3.663,04            | 22,9%            |
| 345                             | 50               | 66,90          | 69,21        | 578                                       | 109.247,31         | 9,53              | 0,0523    | 12.562,20    | 3.420,70            | 21,4%            |
| 39                              | 5                | 33,53          | 89,39        | 1.093                                     | 17.436,99          | 3,76              | 0,0527    | 12.640,41    | 3.343,59            | 20,9%            |
| 37                              | 10               | 33,52          | 92,26        | 1.093                                     | 19.764,05          | 4,41              | 0,0540    | 12.961,15    | 3.022,85            | 18,9%            |
| 108                             | 80               | 66,70          | 83,42        | 1.024                                     | 90.991,92          | 9,39              | 0,0541    | 12.994,34    | 2.989,66            | 18,7%            |
| 205                             | 15               | 33,25          | 66,51        | 544                                       | 61.146,27          | 8,44              | 0,0552    | 13.247,99    | 2.736,01            | 17,1%            |
| 37                              | 15               | 33,52          | 92,31        | 1.094                                     | 24.442,05          | 5,50              | 0,0556    | 13.345,84    | 2.638,16            | 16,5%            |
| 37                              | 20               | 33,49          | 92,46        | 1.094                                     | 27.839,05          | 6,31              | 0,0568    | 13.623,43    | 2.360,57            | 14,8%            |
| 390                             | 100              | 87,21          | 69,63        | 600                                       | 163.012,53         | 11,48             | 0,0575    | 13.791,13    | 2.192,87            | 13,7%            |
| 37                              | 25               | 33,17          | 91,83        | 1.094                                     | 32.217,05          | 7,42              | 0,0584    | 14.015,88    | 1.968,12            | 12,3%            |
| 260                             | 20               | 33,55          | 63,26        | 476                                       | 75.197,07          | 10,09             | 0,0586    | 14.067,60    | 1.916,40            | 12,0%            |
| 37                              | 30               | 33,00          | 92,80        | 1.091                                     | 35.514,05          | 8,33              | 0,0597    | 14.339,79    | 1.644,21            | 10,3%            |
| 108                             | 100              | 66,66          | 81,55        | 1.031                                     | 106.742,92         | 11,24             | 0,0598    | 14.344,24    | 1.639,76            | 10,3%            |
| 38                              | 40               | 33,27          | 90,32        | 1.094                                     | 43.624,02          | 10,16             | 0,0621    | 14.908,12    | 1.075,88            | 6,7%             |
| 400                             | 60               | 67,51          | 69,58        | 480                                       | 133.430,41         | 12,41             | 0,0628    | 15.060,15    | 923,85              | 5,8%             |
| 465                             | 120              | 90,49          | 66,89        | 544                                       | 193.151,75         | 13,01             | 0,0640    | 15.360,47    | 623,53              | 3,9%             |
| 315                             | 25               | 33,74          | 62,53        | 405                                       | 90.200,31          | 12,61             | 0,0645    | 15.474,86    | 509,14              | 3,2%             |
| 38                              | 50               | 32,63          | 89,30        | 1.094                                     | 51.499,02          | 12,38             | 0,0651    | 15.619,46    | 364,54              | 2,3%             |
| 108                             | 120              | 66,46          | 80,45        | 1.039                                     | 122.492,92         | 13,15             | 0,0654    | 15.689,80    | 294,20              | 1,8%             |

## Stromnebenkosten:

- Bezug von elektrischer Energie => Stromnebenkosten (ca. 12 Cent/kWh)
- Forderung Teilnehmer Regelenergiemarkt => Abschaffung SNK für Bezug Regelenergie  
=> Marktöffnung für mehr Teilnehmer => Wettbewerb vergrößern



**Annahme: keine SNK bei Bezug neg MRL**

| JWB     | ZWE | Leistung<br>WE | Volumen<br>Speicher | WGK<br>konv. Beheizung | WGK ohne<br>StromNK | WGK mit<br>StromNK | Differenz<br>konv. Beh. | Differenz<br>konv. Beh. |
|---------|-----|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| kWh     |     | kW             | m <sup>3</sup>      | €/kWh                  | €/kWh               | €/kWh              | €/kWh                   | %                       |
| 15.000  | Öl  | 16             | 4                   | 0,1000                 | 0,0799              | 0,1998             | 0,0998                  | 99,8                    |
| 15.000  | Gas | 12             | 3                   | 0,0677                 | 0,0701              | 0,1735             | 0,1058                  | 156,3                   |
| 80.000  | Öl  | 60             | 15                  | 0,0995                 | 0,0577              | 0,1565             | 0,0570                  | 57,3                    |
| 80.000  | Gas | 45             | 10                  | 0,0671                 | 0,0451              | 0,1254             | 0,0583                  | 86,9                    |
| 240.000 | Öl  | 180            | 40                  | 0,0989                 | 0,0536              | 0,1508             | 0,0519                  | 52,5                    |
| 240.000 | Gas | 180            | 40                  | 0,0666                 | 0,0412              | 0,1383             | 0,0717                  | 107,7                   |

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

### Zusammenfassung:

- Nutzung überschüssige Elektroenergie zur Gebäudebeheizung möglich (Wärmespeicher + Zusatzwärmeerzeuger)
- Elektrische Leistung von WE kleiner 5 MW => Poolung mehrerer Anlagen nötig
- Ökonomisch sinnvoll => Annahme: keine Stromnebenkosten fallen an
- Ökologisch sinnvoll => Annahme: überschüssige Elektroenergie aus Erneuerbaren Energien  
=> kein Primärenergieverbrauch

Ausblick: - Energiewende => Ausbau Erneuerbarer Energie  
=> fluktuierendes Angebot von Strom aus Erneuerbarer Energie steigt  
=> Überschüsse steigen  
=> Regelenergiebedarf steigt  
=> Neue Möglichkeiten finden um Regelenergiebedarf zu decken  
=> z.B. Einsatz Regelenergie zur Gebäudebeheizung

- Energiewende => Anteil Erneuerbarer Energie am Strommix steigt (geplant 2050 - 80 %)



**Beheizung mit Strom in Zukunft ökologisch sinnvoller als konventionelle Beheizung!**

Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit.

## PROGRAMM

### Donnerstag, 07. November 2013

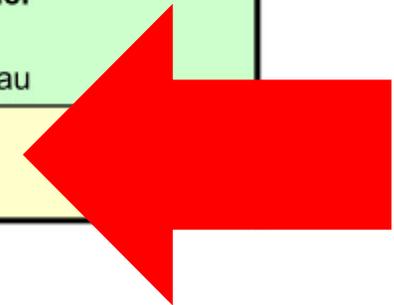
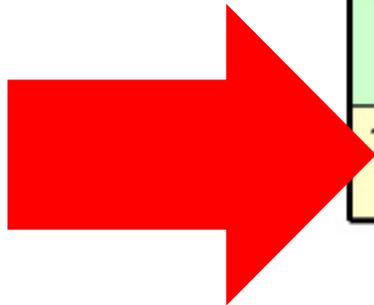
**15:30 Uhr**      **Eröffnung/ Begrüßung der Teilnehmer**  
Mathias Jessen, Vorstandsvorsitzender des Vereins

**15:40 Uhr**      **Aktuelles aus Forschung und Lehre**  
Prof. Felsmann, TU Dresden und Prof. Reichel, HTW Dresden

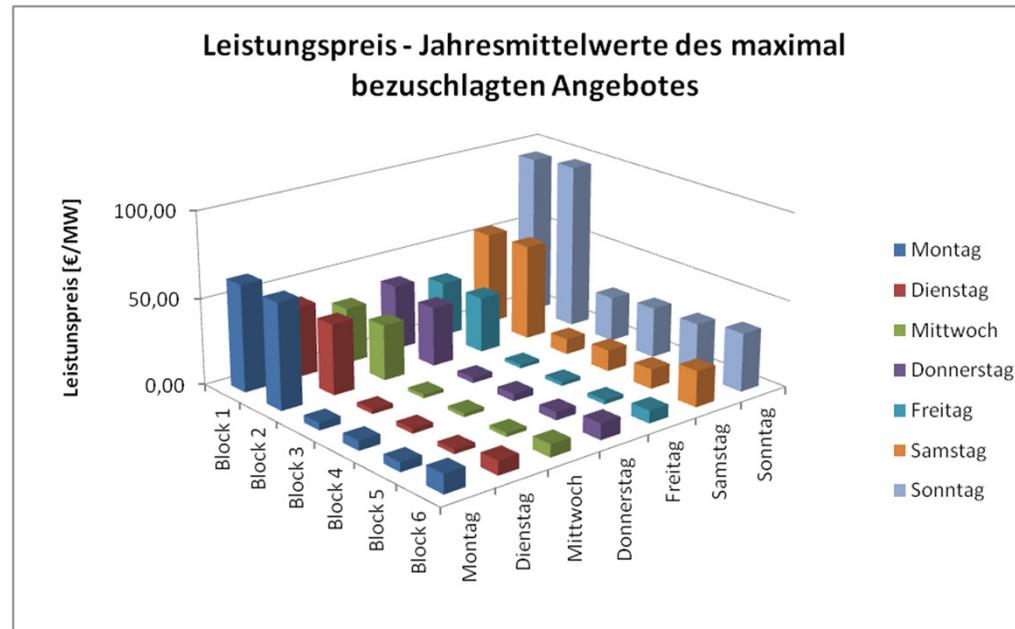
**17:45 Uhr**      **Vortrag des 1. Preisträgers**  
Preisträger

**18:00 Uhr**      **Vortrag: "Aspekte der dezentralen Wärmeversorgung in der Großvermietung"**  
Prof. Teich, Herr Joppich; Westsächsische Hochschule Zwickau

**18:30 Uhr**      **Abschluss, gemeinsamer Imbiss**



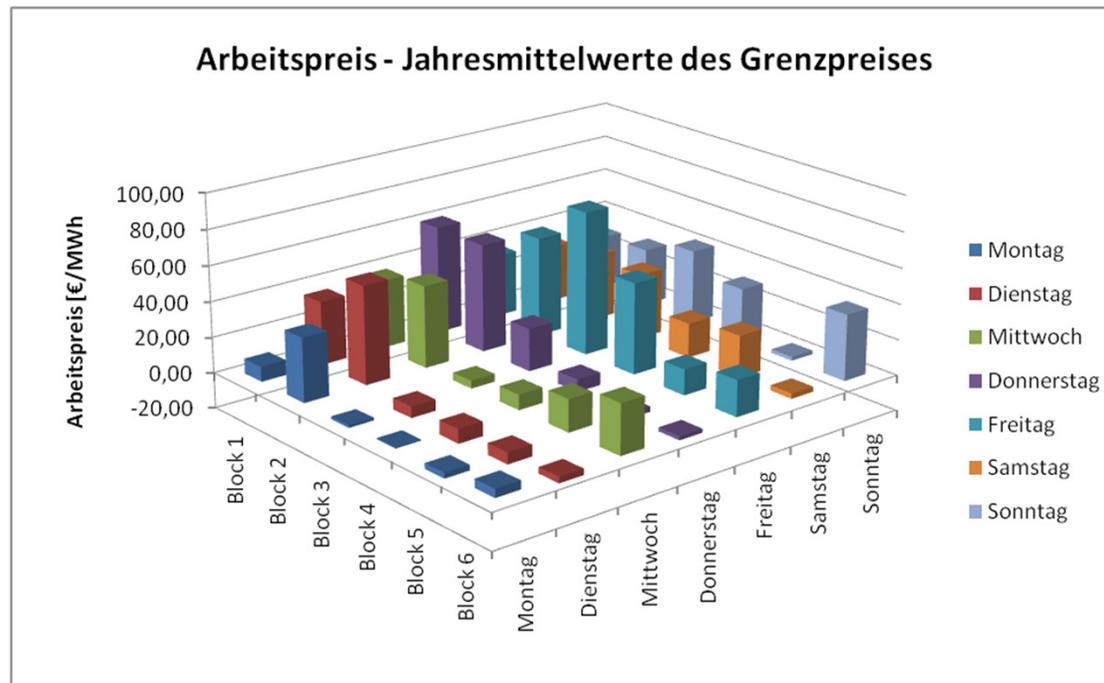
## Mittelwert LP max:



## Summe LP max:

|            | Block 1     | Block 2     | Block 3     | Block 4     | Block 5     | Block 6     | Gesamt      |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            | NEG_00_04   | NEG_04_08   | NEG_08_12   | NEG_12_16   | NEG_16_20   | NEG_20_24   |             |
|            | [€/ (MW*a)] |
| Montag     | 3.223       | 3.196       | 231         | 288         | 279         | 578         | 7.795       |
| Dienstag   | 2.122       | 2.127       | 131         | 143         | 137         | 421         | 5.081       |
| Mittwoch   | 1.675       | 1.668       | 109         | 113         | 113         | 383         | 4.062       |
| Donnerstag | 1.952       | 1.778       | 162         | 218         | 242         | 489         | 4.842       |
| Freitag    | 1.651       | 1.673       | 107         | 116         | 121         | 379         | 4.047       |
| Samstag    | 2.862       | 2.937       | 473         | 648         | 600         | 1.101       | 8.623       |
| Sonntag    | 4.856       | 5.005       | 1.343       | 1.505       | 1.527       | 1.756       | 15.992      |
|            | 18.342      | 18.385      | 2.556       | 3.032       | 3.020       | 5.106       | 50.440      |

## Mittelwert AP max:



Jeder ÜNB regelt seine eigene Zone, d.h. es kann vorkommen, dass in einer Viertelstunde vier Abrufe geschehen. Im gezeigten Diagramm würde das aber nur als ein Abruf gesehen werden da es für die Betrachtung ausreicht. Tatsächliche Abrufe sind in folgender Tabelle:

| Jahr               | 2009   | 2010   | 2011   |
|--------------------|--------|--------|--------|
| Abrufe Betrachtung | 9.329  | 5.696  | 5.671  |
| Abrufe tatsächlich | 14.550 | 10.080 | 15.274 |

| nach Viertelstunden geordnet |       | Regelzone 50Hertz        | Regelzone TenneT         | Regelzone Amprion        | Regelzone TransnetBW     | alle Regelzonen          | alle Regelzonen          |
|------------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Zeit                         |       | abgerufene Leistung [MW] | abgerufene Energie [MWh] |
| von                          | bis   |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
| 08:00                        | 08:15 | 40                       | 0                        | 0                        | 0                        | 40                       | 10                       |
| 08:15                        | 08:30 | 0                        | 40                       | 0                        | 0                        | 40                       | 10                       |
| 08:30                        | 08:45 | 0                        | 0                        | 60                       | 0                        | 60                       | 15                       |
| 08:45                        | 09:00 | 0                        | 0                        | 0                        | 80                       | 80                       | 20                       |
| 09:00                        | 09:15 | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        |
| 09:15                        | 09:30 | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        |
| 09:30                        | 09:45 | 35                       | 57                       | 300                      | 800                      | 1192                     | 298                      |
| 09:45                        | 10:00 | 35                       | 57                       | 300                      | 800                      | 1192                     | 298                      |

| nach Stunden geordnet |       | Anzahl Abrufe | abgerufene Energie [MWh] |
|-----------------------|-------|---------------|--------------------------|
| Zeit                  |       |               |                          |
| von                   | bis   |               |                          |
| 08:00                 | 09:00 | 4             | 55                       |
| 09:00                 | 10:00 | 2             | 596                      |

## Beispielrechnung:

### Investitionskosten

| Bezeichnung                                   | Zeichen    | Einheit | Wert             | Formel / Bemerkung                                       |
|---|------------|---------|------------------|--|
| elektrischer Wärmeerzeuger                    | $K_{elWE}$ | €       | 1.920,00         | Leistung 16 kW   |
| Wärmespeicher                                 | $K_{Sp}$   | €       | 3.259,00         | Volumen 4 m <sup>3</sup>                                 |
| Notkühler                                     | $K_{NK}$   | €       | 1.394,68         | Leistung 16 kW   |
| Regelung und Anbindung an<br>Regelenergiepool | $K_R$      | €       | 4.000,00         | bis 100 kW - 4000 €                                      |
| Einbindung der Anlage in<br>Heizsystem        | $K_H$      | €       | 640,00           | 40 € / kW  |
| konv. Zusatzwärmeerzeuger                     | $K_{ZWF}$  | €       | -                | vorhanden, sonst 3.000 €                                 |
| <b>Anschaffungskosten</b>                     | $A_0$      | €       | <b>11.213,68</b> | $A_0 = K_{elWE} + K_{Sp} + K_{NK} + K_R + K_H + K_{ZWF}$ |

### Annuitätsrechnung

| Bezeichnung             | Zeichen | Einheit | Wert          | Formel / Bemerkung                |
|-------------------------|---------|---------|---------------|-----------------------------------|
| Anschaffungskosten      | $A_0$   | €       | 11.213,68     |                                   |
| Kalkulationszinssatz    | $j$     |         | 0,04          |                                   |
| Kalkulationszinsfaktor  | $q$     |         | 1,04          | $q = 1 + j$                       |
| Nutzungszeit            | $T$     | a       | 20            |                                   |
| Annuitätsfaktor         | $a$     |         | 0,074         | $a = (q^T * (q - 1)) / (q^T - 1)$ |
| <b>jährliche Kosten</b> | $A$     | €       | <b>825,12</b> | $A = A_0 * a$                     |

## Beispielrechnung:

### Wärmegebungskosten

| Bezeichnung                  | Zeichen  | Einheit | Wert          | Formel / Bemerkung            |
|------------------------------|----------|---------|---------------|-------------------------------|
| <b>Erlöse</b>                |          |         |               |                               |
| Einnahmen aus Leistungspreis | $E_{LP}$ | €       | 372,04        | 75 % von LP max.              |
| <b>Erlöse gesamt</b>         | $E_g$    | €       | <b>372,04</b> | <b><math>E_g = ELP</math></b> |

| <b>Kosten</b>   |                                   |                |                |  |
|---|-----------------------------------|----------------|----------------|--|
| Kosten für Arbeitspreis                                 | $K_{AP}$                          |                | 31,58          | AP erstes Angebot  |
| Gewinnbeteiligung<br>Regelenergiepool für Erlöse aus LP | $K_{LP}$                          |                | 148,82         | 40 % vom erzielten Leistungspreis                                  |
| Wartungskosten  | $K_w$                             | €/a            | 142,14         | 1 % von ( $A_0 + ZWE$ )  |
| Zinskosten  | $A$                               | €/a            | 825,12         |  |
| Wärmeenergie pro Jahr<br>spez .Energiekosten            | $Q_{ges, konv}$<br>$k_{Brennst.}$ | kWh/a<br>€/kWh | 4.313<br>0,098 |  |
| Brennstoffkosten  | $K_{Brennst.}$                    | €/a            | 422,67         | $K_{Brennst.} = Q_{ges} * k_{Brennst.}$                            |
| <b>jährliche Kosten gesamt</b>                          | $K_g$                             | €/a            | <b>1570,33</b> | <b><math>K_g = K_{AP} + K_{LP} + K_w + A + K_{Brennst.}</math></b> |

|                  |     |     |                |                                   |
|------------------|-----|-----|----------------|-----------------------------------|
| <b>Differenz</b> | $D$ | €/a | <b>1198,29</b> | <b><math>D = K_g - E_g</math></b> |
|------------------|-----|-----|----------------|-----------------------------------|

|                     |           |       |        |  |
|---------------------|-----------|-------|--------|--|
| gesamte Heizenergie | $Q_{ges}$ | kWh/a | 15.000 |  |
|---------------------|-----------|-------|--------|--|

|                           |            |       |               |                                       |
|---------------------------|------------|-------|---------------|---------------------------------------|
| <b>Wärmegebungskosten</b> | <b>WGK</b> | €/kWh | <b>0,0799</b> | <b><math>WGK = D / Q_{ges}</math></b> |
|---------------------------|------------|-------|---------------|---------------------------------------|

## Beispielrechnung:

### Amortisationsrechnung

| Bezeichnung                                  | Zeichen  | Einheit  | Wert        | Formel / Bemerkung                               |
|--|----------|----------|-------------|--|
| Anschaffungskosten                           | $A_0$    | €        | 11.213,68   |  |
| Einnahmen aus LP                             | $E_{LP}$ | €        | 372,04      | 75 % von LP max.                                 |
| eingesparte Heizkosten                       | $E_{HK}$ | €        | 1.047,33    |  |
| Kosten für Arbeitspreis<br>Gewinnbeteiligung | $K_{AP}$ | €        | 31,58       | AP erstes Angebot                                |
| Regelenergiepool für Erlöse<br>aus LP        | $K_{LP}$ | €        | 148,82      | 40 % vom erzielten LP                            |
| Wartungskosten der<br>Investition            | $K_{WI}$ | €        | 112,14      | 1 % vom Anschaffungswert                         |
| Gewinn                                       | $G$      | €        | 1.126,83    | $G = E_{LP} + E_{HK} - K_{AP} - K_{LP} - K_{WI}$ |
| <b>Amortisationszeitpunkt</b>                | $t_A$    | <b>a</b> | <b>9,95</b> | $t_A = A_0 / G$                                  |



## Präqualifizierte Anbieter je Regelenenergieart

| Anbieter                                  | PRL | SRL | MRL |
|---|-----|-----|-----|
| Alpiq AG                                  | ●   |     |     |
| ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH       |     |     | ●   |
| Axpo AG                                   | ●   |     |     |
| Axpo Deutschland GmbH                     |     |     | ●   |
| BalancePower GmbH                         |     |     | ●   |
| BKW FMB Energie AG                        | ●   |     |     |
| Centralschweizerische Kraftwerke AG       | ●   |     |     |
| CURRENTA GmbH & Co. OHG                   |     |     | ●   |
| E.ON Energy Trading SE                    | ●   | ●   | ●   |
| E.ON Westfalen Weser Energie-Service GmbH |     | ●   | ●   |
| EnBW Kraftwerke AG                        | ●   | ●   | ●   |
| Energy2market GmbH                        |     | ●   | ●   |
| envia Mitteldeutsche Energie AG           |     | ●   | ●   |
| GDF SUEZ Energie Deutschland AG           | ●   | ●   | ●   |
| GETEC Energie AG                          |     |     | ●   |
| Hamburg Energie GmbH                      |     |     | ●   |
| Infracor GmbH                             |     |     | ●   |
| Kraftwerke Mainz Wiesbaden AG             |     | ●   | ●   |
| Lechwerke AG                              |     |     | ●   |
| Mark-E AG                                 |     | ●   | ●   |
| MVV Energie AG                            |     |     | ●   |
| Next Kraftwerke GmbH                      |     |     | ●   |
| N-ERGIE Kraftwerke GmbH                   |     |     | ●   |
| RWE Supply & Trading GmbH                 | ●   | ●   | ●   |

|                                    | PRL | SRL | MRL |
|------------------------------------|-----|-----|-----|
| Stadtwerke Düsseldorf AG           |     |     | ●   |
| Stadtwerke Hannover AG             | ●   | ●   | ●   |
| Stadtwerke Leipzig GmbH            |     |     | ●   |
| Stadtwerke München GmbH            | ●   | ●   | ●   |
| Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG |     |     | ●   |
| Statkraft Markets GmbH             | ●   | ●   | ●   |
| Steag GmbH                         | ●   | ●   | ●   |
| swb Erzeugung GmbH & Co. KG        |     |     | ●   |
| TeraJoule Energy GmbH              |     |     | ●   |
| ThyssenKrupp Steel AG              |     |     | ●   |
| TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG     |     | ●   | ●   |
| Trianel GmbH                       |     | ●   | ●   |
| Trimet Aluminium AG                | ●   |     |     |
| Vattenfall Europe Generation AG    | ●   | ●   | ●   |
| VSE AG                             |     |     | ●   |
| VW Kraftwerk GmbH                  |     |     | ●   |
| Xstrata Zink GmbH                  |     | ●   |     |

Stand: 20. November 2012

UCTE: ca. 20 GW pro HZ  
Spitzenlast: 390 GW



## Präqualifizierte Anbieter je Regellenergieart

| Anbieter                                  | PRL | SRL | MRL |                                    | PRL | SRL | MRL |
|---|-----|-----|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|
| Alpiq AG                                  | ●   |     |     | RWE Vertrieb AG                    |     |     | ●   |
| ArcelorMittal Eisenhüttenstadt GmbH       |     |     | ●   | Stadtwerke Braunschweig            |     |     | ●   |
| Axpo AG                                   | ●   |     |     | Stadtwerke Düsseldorf AG           |     |     | ●   |
| Axpo Deutschland GmbH                     |     |     | ●   | Stadtwerke Hannover AG             | ●   | ●   | ●   |
| BalancePower GmbH                         |     |     | ●   | Stadtwerke München GmbH            | ●   | ●   | ●   |
| BKW FMB Energie AG                        | ●   |     |     | Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG |     |     | ●   |
| Centralschweizerische Kraftwerke AG       | ●   |     |     | Statkraft Markets GmbH             | ●   | ●   | ●   |
| Clean Energy Sourcing GmbH                |     |     | ●   | Steag GmbH                         | ●   | ●   | ●   |
| CURRENTA GmbH & Co. OHG                   |     |     | ●   | swb Erzeugung GmbH & Co. KG        |     |     | ●   |
| E.ON Global Commodities SE                | ●   | ●   | ●   | ThyssenKrupp Steel AG              |     |     | ●   |
| E.ON Westfalen Weser Energie-Service GmbH |     | ●   | ●   | TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG     |     | ●   | ●   |
| EnBW Kraftwerke AG                        | ●   | ●   | ●   | Trianel GmbH                       |     | ●   | ●   |
| Energy2market GmbH                        |     | ●   | ●   | Trimet Aluminium AG                | ●   |     |     |
| envia Mitteldeutsche Energie AG           |     | ●   | ●   | Vattenfall Europe Generation AG    | ●   | ●   | ●   |
| GDF SUEZ Energie Deutschland AG           | ●   | ●   | ●   | VSE AG                             |     |     | ●   |
| GETEC Energie AG                          |     |     | ●   | VW Kraftwerk GmbH                  |     |     | ●   |
| Hamburg Energie GmbH                      |     |     | ●   | Xstrata Zink GmbH                  |     | ●   |     |
| Heizkraftwerk Würzburg GmbH               |     | ●   |     |                                    |     |     |     |
| Infracor GmbH                             |     |     | ●   |                                    |     |     |     |
| Kraftwerke Mainz Wiesbaden AG             |     | ●   | ●   |                                    |     |     |     |
| Lechwerke AG                              |     | ●   | ●   |                                    |     |     |     |
| Mark-E AG                                 |     | ●   | ●   |                                    |     |     |     |
| MVV Energie AG                            |     |     | ●   |                                    |     |     |     |
| N-ERGIE Kraftwerke GmbH                   |     |     | ●   |                                    |     |     |     |
| Next Kraftwerke GmbH                      |     | ●   | ●   |                                    |     |     |     |
| RWE Supply & Trading GmbH                 | ●   | ●   | ●   |                                    |     |     |     |

Präqualifizierte Anbieter sind alle Anbieter, die einen gültigen Rahmenvertrag zur Regelleistungserbringung mit mindestens einem Anschluss-ÜNB abgeschlossen haben und gleichzeitig präqualifizierte Leistungen von mindestens der Mindestangebotsgröße aufzuweisen haben.

Stand: 25. Juni 2013

UCTE: ca. 20 GW pro HZ  
Spitzenlast: 390 GW

## JWB – 80.000 kWh – ZWE Gas

| Leistung<br>el. WE              | Volumen<br>Speicher | Deckungs-<br>anteil | Nutzungs-<br>grad | Anz.<br>Teilnahme<br>Aus-<br>schreibung | Investitions-<br>kosten | Amorti-<br>sationszeit | spez.<br>WGK | WGK pro<br>Jahr | Einsparung<br>pro Jahr | proz.<br>Einsparung |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---|-------------------------|------------------------|--------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| kW                              | m³                  | %                   | %                 | (max. 1095)                             | €                       | a                      | €            | €/a             | €/a                    | %                   |
| <b>konventionelle Beheizung</b> |                     |                     |                   |   |                         |                        | 0,0671       | 5.368,00        |                        |                     |
| 45                              | 10                  | 63,13               | 82,76             | 878                                     | 21.643,81               | 6,46                   | 0,0451       | 3.611,12        | 1.756,88               | 32,7%               |
| 60                              | 15                  | 72,55               | 78,13             | 830                                     | 29.846,36               | 7,64                   | 0,0458       | 3.660,24        | 1.707,76               | 31,8%               |
| 35                              | 8                   | 58,38               | 83,95             | 942                                     | 17.973,11               | 5,98                   | 0,0461       | 3.690,75        | 1.677,25               | 31,2%               |
| 55                              | 12                  | 67,09               | 78,35             | 840                                     | 26.787,51               | 7,37                   | 0,0463       | 3.705,77        | 1.662,23               | 31,0%               |
| 35                              | 6                   | 53,66               | 83,25             | 926                                     | 17.304,11               | 6,08                   | 0,0475       | 3.797,79        | 1.570,21               | 29,3%               |
| 40                              | 15                  | 66,99               | 84,26             | 958                                     | 25.146,96               | 7,43                   | 0,0480       | 3.839,35        | 1.528,65               | 28,5%               |
| 80                              | 20                  | 78,86               | 73,59             | 744                                     | 37.942,76               | 8,82                   | 0,0483       | 3.863,60        | 1.504,40               | 28,0%               |
| 25                              | 4                   | 47,45               | 83,06             | 1.010                                   | 13.328,41               | 5,50                   | 0,0491       | 3.931,03        | 1.436,97               | 26,8%               |
| 90                              | 25                  | 83,25               | 73,19             | 734                                     | 44.670,46               | 9,86                   | 0,0516       | 4.128,57        | 1.239,43               | 23,1%               |
| 35                              | 20                  | 65,76               | 83,46             | 1.017                                   | 27.369,11               | 8,55                   | 0,0523       | 4.185,79        | 1.182,21               | 22,0%               |
| 20                              | 2                   | 40,12               | 82,87             | 1.050                                   | 11.538,56               | 5,69                   | 0,0524       | 4.194,38        | 1.173,62               | 21,9%               |
| 35                              | 2                   | 33,73               | 73,94             | 777                                     | 15.063,11               | 7,04                   | 0,0543       | 4.341,62        | 1.026,38               | 19,1%               |
| 95                              | 15                  | 66,06               | 69,41             | 630                                     | 38.070,31               | 10,03                  | 0,0547       | 4.376,80        | 991,20                 | 18,5%               |
| 100                             | 30                  | 85,75               | 72,39             | 700                                     | 50.317,16               | 10,73                  | 0,0548       | 4.385,78        | 982,22                 | 18,3%               |
| 35                              | 25                  | 65,65               | 83,47             | 1.026                                   | 31.747,11               | 10,10                  | 0,0571       | 4.565,43        | 802,57                 | 15,0%               |
| 60                              | 4                   | 32,32               | 68,17             | 585                                     | 21.552,36               | 9,10                   | 0,0574       | 4.588,88        | 779,12                 | 14,5%               |
| 13                              | 2                   | 33,60               | 89,43             | 1.093                                   | 9.893,77                | 6,58                   | 0,0574       | 4.595,61        | 772,39                 | 14,4%               |
| 13                              | 4                   | 34,59               | 91,08             | 1.093                                   | 10.508,77               | 6,90                   | 0,0578       | 4.622,70        | 745,30                 | 13,9%               |
| 13                              | 6                   | 34,74               | 91,42             | 1.094                                   | 12.134,77               | 8,02                   | 0,0594       | 4.752,12        | 615,88                 | 11,5%               |
| 13                              | 8                   | 34,72               | 91,82             | 1.093                                   | 12.803,77               | 8,53                   | 0,0601       | 4.811,89        | 556,11                 | 10,4%               |
| 35                              | 30                  | 65,82               | 82,81             | 1.031                                   | 35.044,11               | 11,28                  | 0,0605       | 4.843,86        | 524,14                 | 9,8%                |
| 13                              | 10                  | 34,50               | 91,38             | 1.093                                   | 14.124,77               | 9,53                   | 0,0616       | 4.928,81        | 439,19                 | 8,2%                |
| 80                              | 6                   | 33,09               | 64,07             | 493                                     | 27.877,76               | 11,75                  | 0,0631       | 5.050,36        | 317,64                 | 5,9%                |
| 13                              | 12                  | 33,85               | 91,00             | 1.091                                   | 16.918,77               | 11,85                  | 0,0649       | 5.189,04        | 178,96                 | 3,3%                |
| 13                              | 15                  | 33,52               | 89,20             | 1.094                                   | 18.802,77               | 13,31                  | 0,0668       | 5.342,06        | 25,94                  | 0,5%                |

Zeit von Abruf bis Beginn des Fahrplans (Fahrplan=vollständige Leistung???)

(3) Erfolgt die Aufforderung zur Erbringung innerhalb der ersten 7,5 Minuten einer Viertelstunde, beginnt der Minutenreservefahrplan zum Beginn der nächsten Viertelstunde.

(4) Erfolgt die Aufforderung zur Erbringung innerhalb der letzten 7,5 Minuten einer Viertelstunde, beginnt der Minutenreservefahrplan erst zum Beginn der

übernächsten Viertelstunde. [Quelle: Rahmenvertrag – Minutenreserveleistung – 50Hertz]