

Biogastagung 2010:

Was geht wo?

Biogaskonzepte für verschiedene Regionen

Haus Düsse, 25.03.2010

Dr. Arne Dahlhoff

Dr. Waldemar Gruber

Dr. Joachim Matthias

Teil 1:

Grünlandregion: Günstige Substrate, schwierige Wärmenutzung?

Teil 2:

Ackerbauregionen: Chance für die Gaseinspeisung?

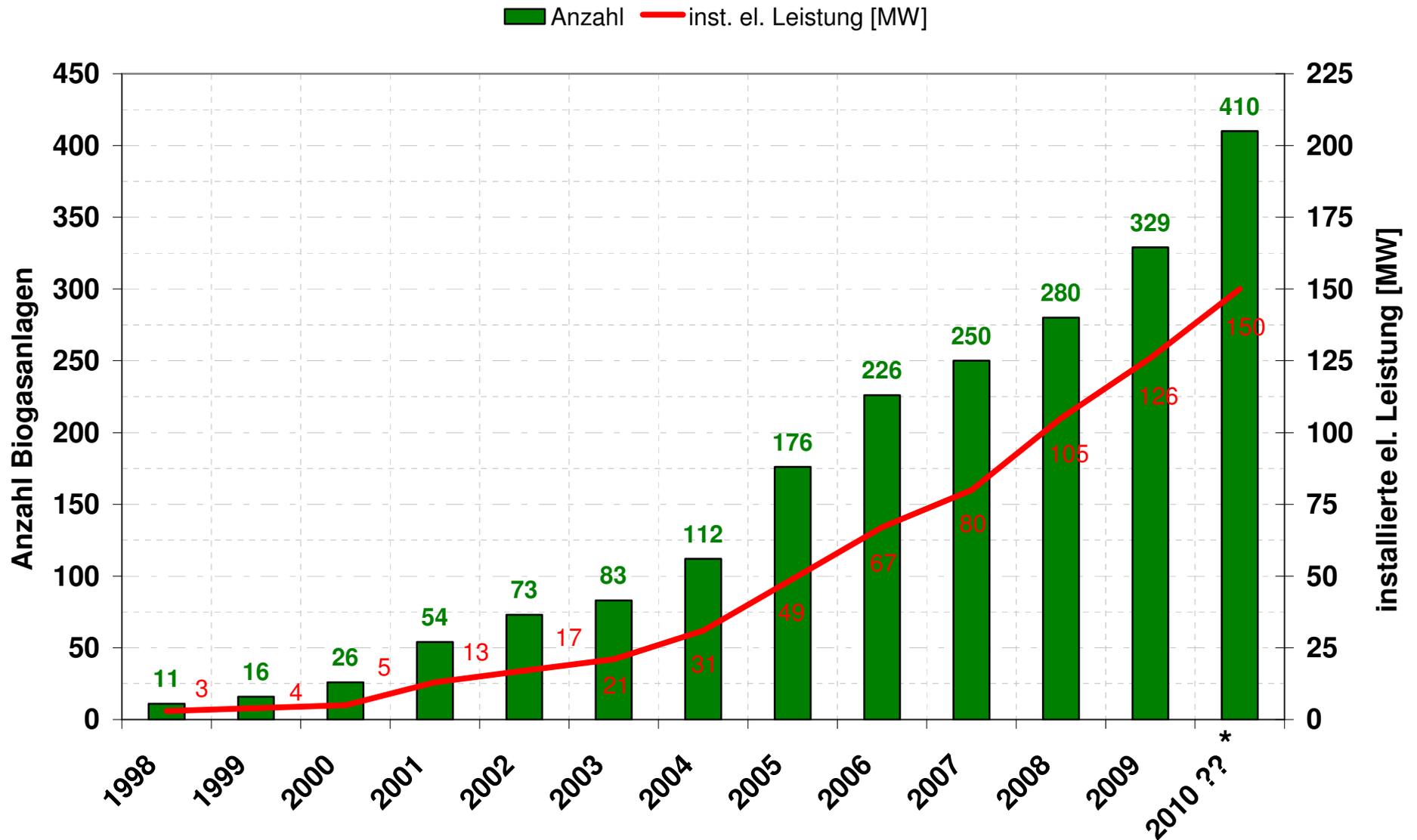
Teil 3:

Veredlungsregion: Wirtschaftlichkeit trotz Flächenknappheit durch effiziente Wärmenutzung?

Entwicklung der Biogasproduktion in NRW ...



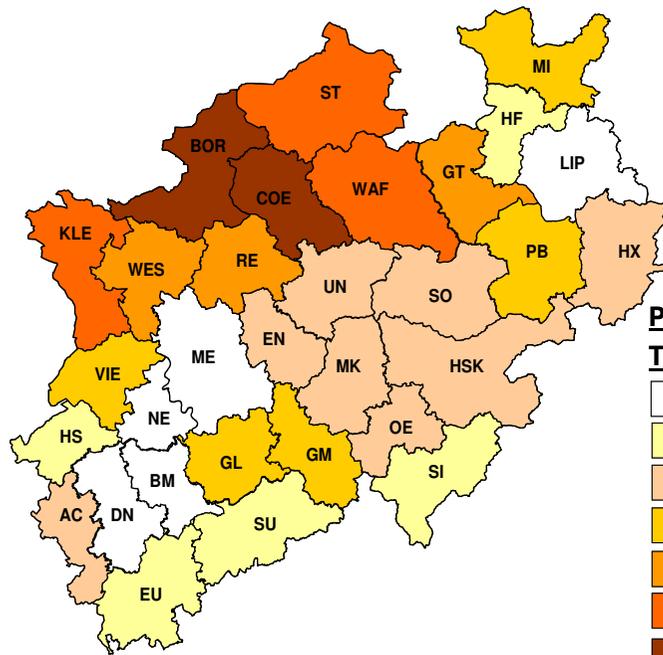
Biogasanlagen in NRW



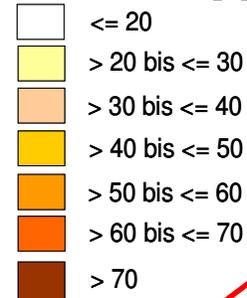
Quelle: Biogas-Betreiberdatenbank NRW, Stand 24.03.2010

* Schätzung

Tierische Veredlung



P₂O₅-Ausscheidung aus Tierhaltung (kg P₂O₅/ha LF):

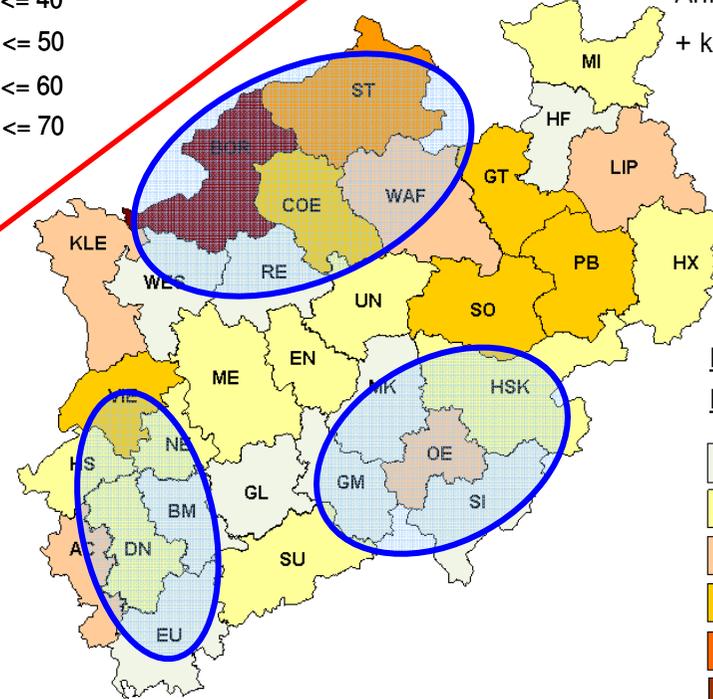


Daten: Landwirtschaftskammer NRW,
Ref. 31, Jacobs, 2009

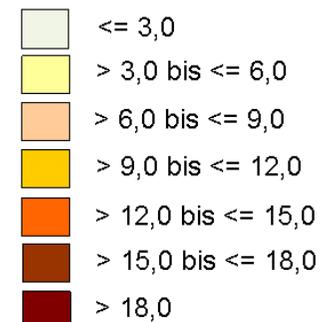
Biogas

Anlagen in Betrieb Ende 2009
+ konkrete Planungen

Ø NRW: 6,65



Installierte Leistung je 100 ha LF (kW_{el}/100 ha LF):



Quelle: Landwirtschaftskammer NRW,
Biogas-Betreiberdatenbank, Stand 24.03.2010

Teil 1:

Grünlandregion: Günstige Substrate, schwierige
Wärmenutzung?

Teil 2:

Ackerbauregionen: Chance für die Gaseinspeisung?

Teil 3:

Veredlungsregion: Wirtschaftlichkeit trotz Flächenknappheit
durch effiziente Wärmenutzung?

Ausgangssituation

- **Betriebsspiegel:**

Futterbaubetrieb: 70 ha Grünland, 50 ha Ackerbau, Höhenlage
80 Milchkühe plus Nachzucht
Wirtschaftsdüngeranfall 2.400 m³ + 450 Tonnen Mist

- **Art und Menge NawaRo-Einsatz, teilweise Zukauf:**

Getreide-GPS: 1.300 t/Jahr
Maissilage: 900 t/Jahr
Grassilage: 700 t/Jahr

- **Kosten Nährstoffverwertung:**

Keine, da Nährstoffbedarf im Betrieb

- **Biogasanlage:**

NawaRo-Biogasanlage, 180 kW, Zündstrahl-BHKW

- **Wärmenutzung:**

60.000 kWh für die Beheizung des eigenen Wohnhauses

Leistung aus Gülle

| | | Gülle | NawaRo |
|-------------------------|--------------------------|-------|--------|
| TS-Gehalt | [%] | 8,0 | 32,5 |
| spezifische Gasausbeute | [Nm ³ /t oTS] | 350 | 680 |
| Methangehalt i. Biogas | [%] | 56,0 | 52,5 |
| el. Wirkungsgrad BHKW | [%] | 38,0 | |

| elektrische Anlagenleistung [kW] | | Einsatzmenge Gülle [m ³ /Jahr] | | | | | |
|----------------------------------|--------|---|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | 1.000 | 3.000 | 6.000 | 12.000 | 21.000 | 30.000 |
| Einsatzmenge NawaRo [t/Jahr] | 0 | 6 | 17 | 35 | 70 | 122 | 174 |
| | 2.000 | 107 | 119 | 136 | 171 | 223 | 275 |
| | 4.000 | | 220 | 237 | 272 | 324 | 377 |
| | 6.000 | | 321 | 338 | 373 | 425 | 478 |
| | 8.000 | | | 439 | 474 | 526 | 579 |
| | 10.000 | | | 540 | 575 | 627 | 680 |

Wirtschaftlichkeit Beispiel-Biogasanlage

| Beispiel-Biogasanlage: 180 kW, Stromproduktion: ca. 1,5 Mio. kWh/Jahr | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| Invest: 1 Mio. €, Inbetriebnahme 2011 | | |
| Substrate: 42 % Rindergülle (2.400 t/a), 8 % Rindermist (450 t/a), 23 % Getreide-GPS (1.300 t/a, 8% Silierverlust), 15 % Maissilage (900 t/a, 8 % Silierverlust), 12 % Grassilage (700 t/a, 8 % Silierverlust) | | |
| Wärmenutzung 60.000 kWh/a im eigenen Wohnhaus, Wärmeerlös = Einsparung fossile Energie (5 ct/kWh _{th}), | | |
| <u>Erlöse</u> | €/kWh | €/Jahr |
| Stromvergütung gesamt | 0,2172 | |
| Grundvergütung | 0,1116 | |
| NawaRo-Bonus | 0,0686 | |
| Güllebonus | 0,0359 | |
| KWK-Bonus | 0,0012 | |
| Wärmeverkauf | 0,0020 | 3.000,00 |
| SUMME | 0,2193 | 325.166,97 |
| <u>KOSTEN</u> | | |
| AfA | 0,0556 | 82.500,00 |
| Wartung | 0,0258 | 38.244,15 |
| Allgemeinkosten | 0,0091 | 13.500,00 |
| Zinsen, Zinsansatz | 0,0148 | 21.873,63 |
| Stromzukauf, Zündölkzukauf | 0,0229 | 33.908,25 |
| Arbeitskosten | 0,0098 | 14.600,00 |
| SUMME | 0,1380 | 204.626,03 |
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0190 | 28.126,37 |
| mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) | <u>0,0623</u> | <u>92.414,56</u> |

Maximale Substratkosten

| | | |
|--|----------------------|-------------------------|
| | €/kWh | €/Jahr |
| mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) | <u>0,0623</u> | <u>92.414,56</u> |

| | Maissilage | Grassilage | GPS | Rindergülle | Rindermist |
|---|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| TS-Gehalt [%] | 33,0% | 35,0% | 38,0% | 8,5% | 23,0% |
| oTS-Gehalt [%] | 96,0% | 85,0% | 95,0% | 80,0% | 80,0% |
| Siliverlust/Lagerverlust [%] | 8,0% | 8,0% | 8,0% | 0,0% | 1,5% |
| spezifische Biogasausbeute [NI/kg oTS] | 680 | 580 | 600 | 360 | 360 |
| Methangehalt [%] | 52,5% | 54,0% | 54,0% | 58,0% | 56,0% |
| el. Wirkungsgrad BHKW [%] | 38,5% | | | | |
| Stromertrag je t Frischmasse [kWh/t] | 401 | 330 | 414 | 55 | 141 |
| Gärrestanfall [kg/t FM] | 762 | 810 | 761 | 971 | 922 |
| Maximalkosten je t Frischmasse "frei Silo" [€/t] | 24,96 | 20,57 | 25,82 | 3,41 | 8,77 |

**14 % der Energie
aus Gülle und Mist**

Maximale NawaRo-Kosten (WD kostenlos)

| | | |
|--|---------------|------------------|
| | €/kWh | €/Jahr |
| <i>mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung)</i> | <u>0,0623</u> | <u>92.414,56</u> |

| | | | |
|--|------------|------------|-----|
| | Maissilage | Grassilage | GPS |
|--|------------|------------|-----|

0,0775 €/kWh

| | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TS-Gehalt | [%] | 33,0% | 35,0% | 38,0% |
| oTS-Gehalt | [%] | 96,0% | 85,0% | 95,0% |
| Siliverlust/Lagerverlust | [%] | 8,0% | 8,0% | 8,0% |
| spezifische Biogasausbeute | [NI/kg oTS] | 680 | 580 | 600 |
| Methangehalt | [%] | 52,5% | 54,0% | 54,0% |
| el. Wirkungsgrad BHKW | [%] | 38,5% | | |
| Stromertrag je t Frischmasse | [kWh/t] | 401 | 330 | 414 |
| Gärrestanfall | [kg/t FM] | 762 | 810 | 761 |
| Maximalkosten je t Frischmasse "frei Silo" | [€/t] | 31,05 | 25,58 | 32,11 |

Zwischenfazit Teil 1

1. Wegen des niedrigen Energiegehaltes im Wirtschaftsdünger sind auch kleinere Biogasanlagen auf den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen angewiesen
 - Maissilage steht in den Grünlandregionen oft nur in begrenztem Umfang zur Verfügung, als Alternative können Getreide-GPS oder Grassilage interessant sein
 - Der Flächenbedarf für Grassilage („letzter Schnitt“) ist erheblich
 - Häufig sind daher kleinere Anlagenkonzepte vorteilhaft
2. Wärmenutzungskonzepte sind im Futterbaubetrieb nur schwer darstellbar
 - Die fehlende Wärmenutzung belastet die Wirtschaftlichkeit
3. Um NawaRo zu marktüblichen Preisen einsetzen zu können ist es notwendig, dass ein nennenswerter Anteil der Energie über Wirtschaftsdünger sehr kostengünstig erzeugt werden kann

Teil 1:

Grünlandregion: Günstige Substrate, schwierige Wärmenutzung?

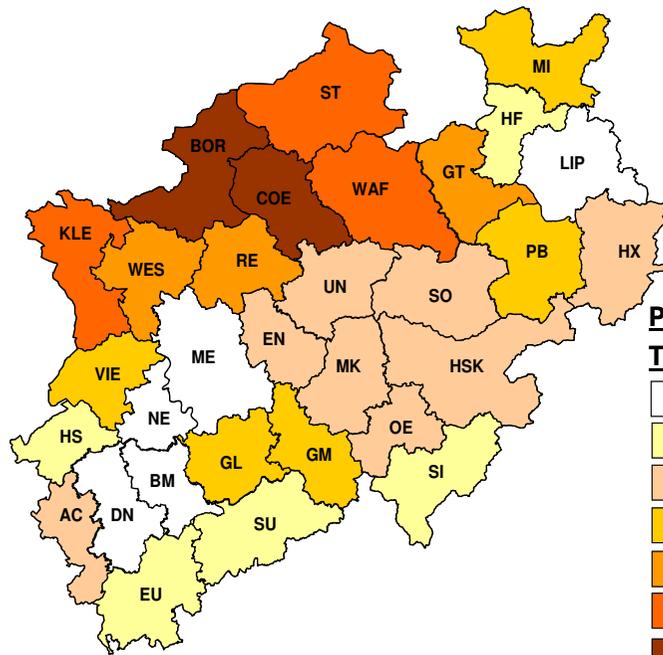
Teil 2:

Ackerbauregionen: Chance für die Gaseinspeisung?

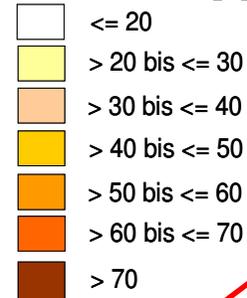
Teil 3:

Veredlungsregion: Wirtschaftlichkeit trotz Flächenknappheit durch effiziente Wärmenutzung?

Tierische Veredlung



P₂O₅-Ausscheidung aus Tierhaltung (kg P₂O₅/ha LF):

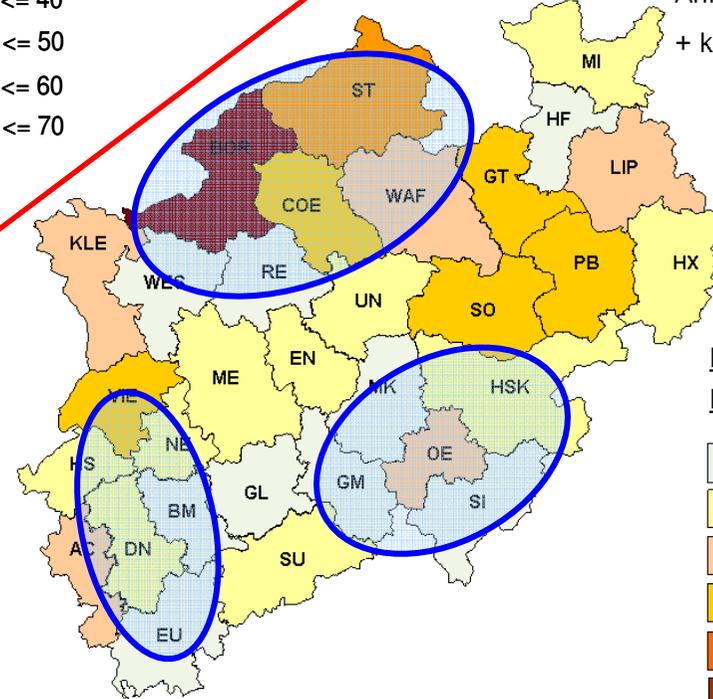


Daten: Landwirtschaftskammer NRW,
Ref. 31, Jacobs, 2009

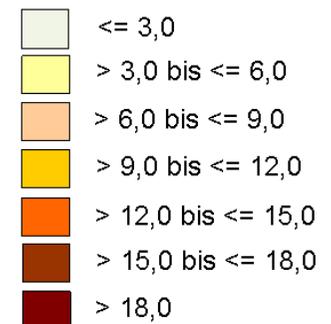
Biogas

Anlagen in Betrieb Ende 2009
+ konkrete Planungen

Ø NRW: 6,65



Installierte Leistung je 100 ha LF (kW_{el}/100 ha LF):



Quelle: Landwirtschaftskammer NRW,
Biogas-Betreiberdatenbank, Stand 24.03.2010

Betriebsbeispiel 1:

- **Betrieb:**

| | | |
|------------------|------------------------|---------|
| Ackerbaubetrieb: | Ertragsniveau Silomais | 65 t/ha |
| | Anbaufläche Silomais | 150 ha |

- **Art und Menge NawaRo-Einsatz, teilweise Zukauf:**

| | |
|-------------------|----------|
| Maissilage: | 9550 t/a |
| Hühnertrockenkot: | 730 t/a |

- **Kosten der Nährstoffverwertung:**

Keine

- **Biogasanlage:**

NawaRo-Anlage, 500 kW, Gas-Otto-Motor

- **Wärmenutzung:**

400.000 kWh

Verwendete Substrate für 500 kW-Anlage

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | spez. Substrat- kosten [€/t; m³] | Gesamt- substrat- kosten [€] | Trocken - masse- gehalt [%] | Silier- verluste [%] | spez. Gas- ausbeu- te [l/kg oTs] | Methan - gehalt [%] | Energie aus Biogas [kWh] | Kosten Gärsubstrat- verwertung | |
|-----------------------|------------------|-------------------------------------|---|---|---|--------------------------------|---|------------------------------------|---|--------------------------------------|------|
| | | | | | | | | | | [€/m³] | [€] |
| 1.2 | Hühnertrockenkot | 730 | 5,00 | 3.650 | 55,0 | 0,0 | 500 | 58,0 | 873.263 | 0,0 | 0,00 |
| 2.4 | Maissilage | 9550 | 30,16 | 288.028 | 32,0 | 8 | 680 | 52,5 | 9.635.641 | 0,0 | 0,00 |
| Summe | | 10.280 | | 291.678 | | | | | 10.508.904 | | |

Wirtschaftlichkeit

Beispiel-Biogasanlage: 500 kW, Stromproduktion: ca. 4 Mio. kWh/Jahr
Invest: 2 Mio. €, Inbetriebnahme 2011

Substrate: 93% Maissilage (9550 t/a, 8 % Sillerverlust), 7% Hühner trockenkot (730t/a)

Wärmenutzung 400.000 kWh/a, Wärmeerlös = Einsparung fossile Energie (3 ct/kWhth)

| <u>Erlöse</u> | €/kWh | €/Jahr |
|--|---------------|-------------------|
| Stromvergütung gesamt | 0,1791 | |
| Grundvergütung | 0,0978 | |
| NawaRo-Bonus | 0,0686 | |
| Güllebonus | 0,0000 | |
| KWK-Bonus | 0,0029 | |
| Wärmeverkauf | 0,0029 | 12.000,00 |
| SUMME | 0,1820 | 745.934,34 |
| <u>KOSTEN</u> | | |
| AfA | 0,0403 | 165.000,00 |
| Wartung | 0,0223 | 91.477,09 |
| Allgemeinkosten | 0,0049 | 20.000,00 |
| Zinsen, Zinsansatz | 0,0112 | 46.104,36 |
| Stromzukauf, Zündölkupf | 0,0098 | 39.960,11 |
| Arbeitskosten | 0,0089 | 36.500,00 |
| SUMME | 0,0974 | 399.041,56 |
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0132 | 53.895,64 |
| mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) | 0,0715 | 292.997,14 |

| <u>Erlöse</u> | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------|-------------------|---------------|
| Stromverkauf | Summe | [€/a] | 733.934,34 | 0,1791 |
| | Grundvergütung | [€/a] | 400.820,10 | |
| | NawaRo-Bonus | [€/a] | 281.183,90 | |
| | Güllebonus | [€/a] | 0,00 | |
| | KWK-Bonus | [€/a] | 11.761,20 | |
| | Luftreinhaltebonus | [€/a] | 40.169,13 | |
| | Technologie-Bonus | [€/a] | 0,00 | |
| Wärmeverkauf | | [€/a] | 12.000,00 | 0,0029 |
| SUMME | | [€/a] | 745.934,34 | 0,1820 |

| | | | |
|-----------------------------------|--------------|------------------|---------------|
| SUMME | [€/a] | 745.934,34 | 0,1820 |
| <u>Überschuss über Vollkosten</u> | <u>[€/a]</u> | <u>53.860,28</u> | <u>0,0131</u> |

**-> Ohne KWK-, Luftreinhaltebonus und Wärmeverkauf
 keine Wirtschaftlichkeit der Anlage!**

Mögliche Substratkosten

| | | |
|--|----------------------|--------------------------|
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0132 | 53.895,64 |
| mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) | <u>0,0715</u> | <u>292.997,14</u> |

| | | Maissilage | Hühnertrockenkot |
|---|--------------|--------------|------------------|
| TS-Gehalt | [%] | 32,0% | 55,0% |
| oTS-Gehalt | [%] | 96,0% | 75,0% |
| Siliverlust/Lagerverlust | [%] | 8,0% | 0,0% |
| spezifische Biogasausbeute | [NI/kg oTS] | 680 | 500 |
| Methangehalt | [%] | 52,5% | 58,0% |
| el. Wirkungsgrad BHKW | [%] | 39,0% | |
| Stromertrag je t Frischmasse | [kWh/t] | 393 | 467 |
| Gärrestanfall | [kg/t FM] | 769 | 753 |
| Maximalkosten je t Frischmasse "frei Silo" | [€/t] | 28,10 | 33,35 |

Betriebsbeispiel 2:

- **Betrieb:**

Ackerbaubetrieb: Anbaufläche 140 ha,
 Ertragsniveau Silomais 65 t/ha,
 Güllezu Kauf

- **Art und Menge NawaRo-Einsatz, teilweise Zukauf:**

Maissilage: 9000 t/a
Rindergülle: 2600 m³/a
Schweinegülle 2600 m³/a
Hühnertrockenkot: 730 t/a

- **Kosten der Nährstoffverwertung:**

Keine

- **Biogasanlage:**

NawaRo-Anlage, 500 kW, Gas-Otto-Motor

- **Wärmenutzung:**

400.000 kWh

Energie aus Gülle + NawaRo

| | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------|-------------------|-----|---------------|-------|
| Gülle | TS-Gehalt der Gülle | 5,5% | spez. Gasausbeute | 380 | Methan-gehalt | 60,0% |
| NawaRo | TS-Gehalt NawaRo | 32,0% | spez. Gasausbeute | 660 | Methan-gehalt | 52,5% |
| El. Wirkungsgrad BHKW | | 38,0% | | | | |

| elektrische Anlagenleistung [kW] | Einsatzmenge Gülle [m³/Jahr] | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1.000 | 3.000 | 6.000 | 9.000 | 12.000 | 15.000 | 18.000 | 21.000 | 24.000 | 27.000 | 30.000 | 33.000 | 36.000 |
| 0 | 5 | 14 | 29 | 43 | 57 | 71 | 86 | 100 | 114 | 129 | 143 | 157 | 172 |
| 1.000 | 54 | 64 | 78 | 92 | 107 | 121 | 135 | 150 | 164 | 178 | 192 | 207 | 221 |
| 2.000 | 104 | 113 | 128 | 142 | 156 | 170 | 185 | 199 | 213 | 228 | 242 | 256 | 271 |
| 3.000 | | 163 | 177 | 191 | 206 | 220 | 234 | 249 | 263 | 277 | 291 | 306 | 320 |
| 4.000 | | 212 | 227 | 241 | 255 | 270 | 284 | 298 | 312 | 327 | 341 | 355 | 370 |
| 5.000 | | 262 | 276 | 290 | 305 | 319 | 333 | 348 | 362 | 376 | 390 | 405 | 419 |
| 6.000 | | 311 | 326 | 340 | 354 | 369 | 383 | 397 | 411 | 426 | 440 | 454 | 469 |
| 7.000 | | 361 | 375 | 389 | 404 | 418 | 432 | 447 | 461 | 475 | 490 | 504 | 518 |
| 8.000 | | | 425 | 439 | 453 | 468 | 482 | 496 | 510 | 525 | 539 | 553 | 568 |
| 9.000 | | | 474 | 488 | 503 | 517 | 531 | 546 | 560 | 574 | 589 | 603 | 617 |
| 10.000 | | | 524 | 538 | 552 | 567 | 581 | 595 | 609 | 624 | 638 | 652 | 667 |
| 11.000 | | | 573 | 587 | 602 | 616 | 630 | 645 | 659 | 673 | 688 | 702 | 716 |
| 12.000 | | | 623 | 637 | 651 | 666 | 680 | 694 | 708 | 723 | 737 | 751 | 766 |
| 13.000 | | | 672 | 686 | 701 | 715 | 729 | 744 | 758 | 772 | 787 | 801 | 815 |
| 14.000 | | | 722 | 736 | 750 | 765 | 779 | 793 | 807 | 822 | 836 | 850 | 865 |
| 15.000 | | | | 786 | 800 | 814 | 828 | 843 | 857 | 871 | 886 | 900 | 914 |

Verwendete Substrate für 500 kW Anlage

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | spez. Substrat-Kosten [€/t; m³] | Gesamt-Substrat-Kosten [€] | Trocken-Masse-gehalt [%] | Silier-verluste [%] | spez. Gasaus-beute [l/kg oTs] | Methan-gehalt [%] | Energie Aus Biogas [kWh] | Kosten Gärsubstrat- verwertung [€/m³] [€] | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---|----------|
| 1 | Hühnertrockenkot 2 | 730 | 5,00 | 3.650,00 | 55,0 | 0,0 | 500 | 58,0 | 873.263 | 2,50 | 1.354,49 |
| 1 | Rindergülle 6 | 2.600 | 2,50 | 6.500,00 | 8,5 | 0,0 | 360 | 58,0 | 369.158 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | Schweinegülle 8 | 2.600 | 2,50 | 6.500,00 | 5,5 | 0,0 | 380 | 60,0 | 260.832 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Maissilage 4 | 9000 | 39,80 | 358.200 | 32,0 | 8,0 | 680 | 52,5 | 9.080.709 | 0,00 | 0,00 |

Vergleich: Maispreis aus Beispiel 1: **30,16 €/t**

Maispreis aus Beispiel 2: **39,80€/t**

Differenz: **9,64 €/t**

Wirtschaftlichkeit

| Beispiel-Biogasanlage: 500 kW, Stromproduktion: ca. 4 Mio. kWh/Jahr Invest: 2 Mio. €, Inbetriebnahme 2011 | | |
|---|---------------|-------------------|
| Substrate: 17,4 % Rindergülle (2.600 t/a), 17,4 % Schweinegülle (2600 t/a), 5% Hühnertrockenkot (730 t/a), 60,2 % Maissilage (9000 t/a, 8 % Silierverlust) | | |
| Wärmenutzung 400.000 kWh/a im eigenen Wohnhaus, Wärmeerlös = Einsparung fossile Energie (3 ct/kWh _{th}) | | |
| <u>Erlöse</u> | €/kWh | €/Jahr |
| Stromvergütung gesamt | 0,1982 | |
| Grundvergütung | 0,0977 | |
| NawaRo-Bonus | 0,0686 | |
| Güllebonus | 0,0192 | |
| KWK-Bonus | 0,0028 | |
| Wärmeverkauf | 0,0029 | 12.000,00 |
| SUMME | 0,2011 | 829.954,88 |
| <u>KOSTEN</u> | | |
| AfA | 0,0400 | 165.000,00 |
| Wartung | 0,0223 | 91.916,18 |
| Allgemeinkosten | 0,0048 | 20.000,00 |
| Zinsen, Zinsansatz | 0,0115 | 47.329,93 |
| Stromzukauf, Zündölkupf | 0,0098 | 40.245,52 |
| Arbeitskosten | 0,0088 | 36.500,00 |
| SUMME | 0,0971 | 400.991,62 |
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0128 | 52.670,08 |
| mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung) | 0,0912 | 376.293,18 |

| <u>Erlöse</u> | | | | |
|--|--------------------|--------------|-------------------|---------------|
| Stromverkauf | Summe | [€/a] | 817.954,88 | 0,1982 |
| | Grundvergütung | [€/a] | 403.453,86 | |
| | NawaRo-Bonus | [€/a] | 283.192,21 | |
| | Güllebonus | [€/a] | 79.091,57 | |
| | KWK-Bonus | [€/a] | 11.761,20 | |
| | Luftreinhaltebonus | [€/a] | 40.456,03 | |
| | Technologie-Bonus | [€/a] | 0,00 | |
| Wärmeverkauf | | [€/a] | 12.000,00 | 0,0029 |
| SUMME | | [€/a] | 829.954,88 | 0,2011 |
| <u>Überschuss über Vollkosten</u> | | [€/a] | 52.528,82 | 0,0127 |

Betriebsbeispiel 3:

Betrieb:

Ackerbaubetrieb: Anbaufläche 150 ha
Ertragsniveau Silomais 65 t/ha

Art und Menge NawaRo-Einsatz:

Hühnertrockenkot: 730 t/a

Maissilage: 9550 t/a

Kosten der Nährstoffverwertung:

Keine

Biogasanlage: NawaRo-Anlage, 500kW, Gaseinspeisung

Wärmenutzung: Keine

| Preiskalkulation (in ct/kWh) | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
| | Großkunden | Privathaushalte |
| Biogas, davon | 6,50 | 7,90 |
| Direktanschluss | 0,75 | nicht erforderlich |
| Gasaufbereitung | n. erforderlich | 1,90 |
| Transport Gasnetz | n. erforderlich | 0,30 |
| Erdgas, davon | 3,30-4,10 | 5,10-6,20* |
| Erdgassteuer | 0,18 | 0,18 |
| Differenz | 2,40-3,20 | 1,70-2,8 |

| | |
|----------------------|-------------------|
| Durchleitung | 0,3 ct/kWh |
| Aufreinigung | 1,9 ct/kWh |
| Betrieb BGA | 1,2 ct/kWh |
| Rohstoffe | 2,4 ct/kWh |
| Kapitaldienst | 2,1 ct/kWh |
| Kosten Biogas | 7,7 ct/kWh |

Max. Kosten Rohbiogas:

$7,7 \text{ ct/kWh} - 1,9 \text{ ct/kWh} = \mathbf{5,8 \text{ ct/kWh}}$

| | |
|---|-------------|
| Ø-TS-Gehalt Input [%] | 30,3 |
| Ø-Anteil Wirtschaftsdünger am Input [%] | 21,7 |
| Ø-Methananteil im Biogas [%] | 53,1 |

$$5,8 \text{ ct/kWh Rohbiogas} * 5,31 \text{ kWh/m}^3 = 30,80 \text{ ct/m}^3$$

Kosten je kWh : Beispiel 1:

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | spez. Substratkosten [€/t; m³] | Gesamtsubstratkosten [€] | spez. Gasausbeute [l/kg oTs] | Methan-gehalt [%] | Energie aus Biogas [kWh] |
|-----------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1.2 | Hühnertrockenkot | 730 | 5,00 | 3.650,00 | 500 | 58,0 | 873.263 |
| 2.4 | Maissilage | 9.550 | 30,16 | 288.028,00 | 680 | 52,5 | 9.635.641 |

| <u>KOSTEN</u> | | |
|----------------------|-------|--------------|
| Investition | Summe | 2.000.000,00 |
| SUMME | [€/a] | 692.074,05 |

Kosten/ Energie aus Biogas = $692.074,05 / 10.508.904 = 6,6 \text{ ct/kWh}$

Kosten je kWh: Beispiel 2:

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | spez. Substratkosten [€/t; m³] | Gesamtsubstratkosten [€] | spez. Gasausbeute [l/kg oTs] | Methan-gehalt [%] | Energie aus Biogas [kWh] |
|-----------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1.2 | Hühnertrockenkot | 730 | 5,00 | 3.650,00 | 500 | 58,0 | 873.263 |
| 1.6 | Rindergülle | 2.600 | 2,50 | 6.500,00 | 360 | 58,0 | 369.158 |
| 1.8 | Schweinegülle | 2.600 | 2,50 | 6.500,00 | 380 | 60,0 | 260.832 |
| 2.4 | Maissilage | 9.000 | 39,80 | 358.200,00 | 680 | 52,5 | 9.080.709 |

| <u>KOSTEN</u> | | |
|----------------------|--------------|---------------------|
| Investition | Summe | 2.000.000,00 |
| SUMME | [€/a] | 777.426,06 |

Kosten / Energie aus Biogas: $777.426,06 / 10.583.962 = 7,3 \text{ ct/kWh}$

Verwendete Substrate für 500 kW-Anlage

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | Spez. Substrat-kosten [€/t; m³] | Gesamt-substrat kosten [€] | Trocken-masse-gehalt [%] | Silier-verluste [%] | spez. Gas ausbeute [l/kg oTs] | Methan-gehalt [%] | Energie aus Biogas [kWh] |
|-----------------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1.2 | Hühnertrockenkot | 730 | 5,00 | 3.650 | 55,0 | 0,0 | 500 | 58,0 | 873.263 |
| 2.4 | Maissilage | 9.550 | 33,10 | 316.105 | 32,0 | 8,0 | 680 | 52,5 | 9.635.641 |

* Annahme: 1 kWh Rohbiogas erzielt 6,4 ct/kWh

Wirtschaftlichkeit

| | | | |
|--|--|-------------------------|---------------|
| Beispiel-Biogasanlage: 500 kW, Gasproduktion . 10.5 Mio. kWh/Jahr Invest: 1,8 Mio. €, Inbetriebnahme 2011 | | | |
| Substrate: 93% Maissilage (9000 t/a, 8 % Silierverlust), 7% Hühnertrockenkot (730 t/a) Keine Wärmenutzung | | | |
| <u>Erlöse</u> | | €/kWh Rohgas | €/Jahr |
| Gaserzeugung | | 0,064 | |

Gegenüberstellung

| Betriebsbeispiel | Ct/kWh <u>Rohbiogas</u> |
|--|--------------------------------|
| NawaRo-BGA, 500 kW, Substrate: 9550 t/a Maissilage, 730 t/a Hühnertrockenkot | 6,6 ct/kWh |
| NawaRo-BGA, 500 kW, Substrate: 9000 t/a Maissilage, 2600 t/a Rindergülle, 2600 t/a Schweinegülle, 730 t/a Hühnertrockenkot | 7,3 ct/kWh |
| NawaRo-BGA 500 kW, Substrate 9550t/ha Maissilage, 730t/a Hühnertrockenkot | 6,4 ct/kWh |

Gegenüberstellung der spezifischen CO₂-Abtrennungskosten unterschiedlicher Anbieter in ct/kWh (H_{I,N}, Produktgas)

| | 250 | 500 | 1.000 |
|--|------|------|-------|
| Anlagendurchsatz in Nm ³ /h | | | |
| PSA-Carbo Tech [ct/kWh] | 2,26 | 1,64 | 1,31 |
| DWW-Malmberg [ct/kWh] | 2,19 | 1,56 | 1,25 |
| Aminwäsche-MT Energie [ct/kWh] | 1,96 | 1,58 | 1,35 |

Zwischenfazit Teil 2

1. Durch die hohen Flächenerträge kann Mais relativ kostengünstig erzeugt werden, Gülle steht oftmals nicht zur Verfügung.
 - Ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb ohne Güllebonus bei einer vor Ort Verstromung ist nur mit einem „**sehr guten**“ Wärmekonzept möglich.
 - Das Verbringen der Gärreste stellt kein Problem dar, da genügend nährstofffreie Fläche vorhanden ist.
 - Kann der Güllebonus geltend gemacht werden, wird deutlich leichter die Wirtschaftlichkeit erreicht.
2. Wärmenutzungskonzepte sind in den Ackerbauregionen oft nur schwer darstellbar
 - Die fehlende Wärmenutzung belastet die Wirtschaftlichkeit
3. Kann kein Güllebonus geltend gemacht werden stellt die Gaseinspeisung eine Alternative dar.
4. Die höchste Wirtschaftlichkeit erreichen Anlagen mit einer vor Ort Verstromung und einem Wärmekonzept.

- Maximale Zahlungsbereitschaft für 1 Hektar Silomais „frei Silo“ in Abhängigkeit vom Flächenertrag und von der Effizienz der Biogasanlage
 - 38 % el. Wirkungsgrad BHKW
 - 33 % TS-Gehalt Silomais

| | | | | | |
|--|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Marktleistung Silomais | [€/ha] | 1.412 | | | |
| Erntekosten | [€/ha] | - | 350 | | |
| Vorfruchtnachteil | [€/ha] | - | 100 | | |
| Düngewert Gärsubstrat | [€/ha] | + | 180 | | |
| Minderkosten Anbau + Ernte Silomais | [€/ha] | + | 245 | | |
| notwendige Marktleistung Alternativkultur | [€/ha] | = | 1.387 | | |
| Ertrag Alternativkultur "Weizen" | [dt/ha] | / | 75 | 85 | 95 |
| Vergleichspreis "Weizen" | [€/dt] | = | 18,49 | 16,32 | 14,60 |

Teil 1:

Grünlandregion: Günstige Substrate, schwierige Wärmenutzung?

Teil 2:

Ackerbauregionen: Chance für die Gaseinspeisung?

Teil 3:

Veredlungsregion: Wirtschaftlichkeit trotz Flächenknappheit durch effiziente Wärmenutzung?

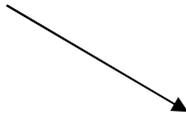
Das Beispiel

Betrieb Müller

1500 MP
80 + 40 ha



Aufstocken –
oder Alternative?

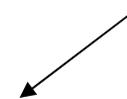


Betrieb Schulze

240 Sauen
50 ha
Hohe Heizkosten
(950 kWh/Sau)



Möchte Aufstocken auf 560 Sauen
Wärmebedarf mit Wohnhaus
620.000 kWh/a



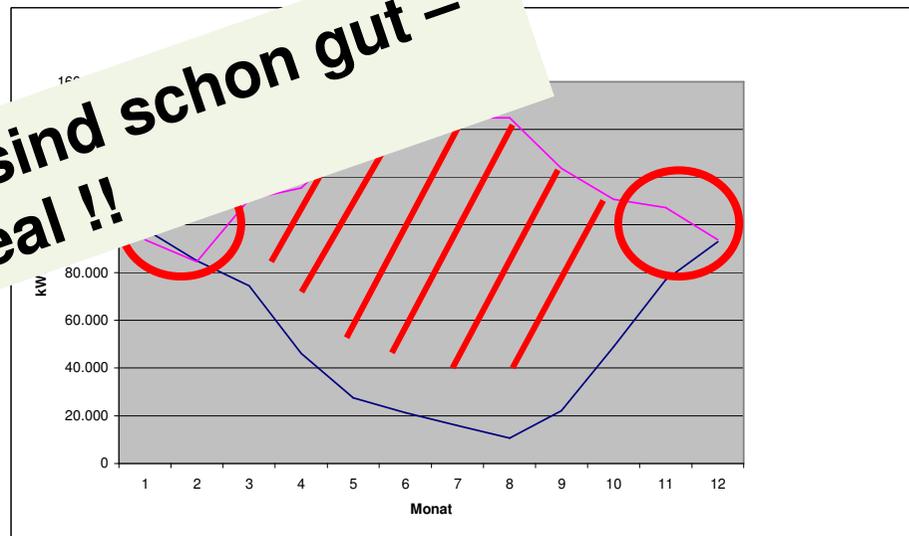
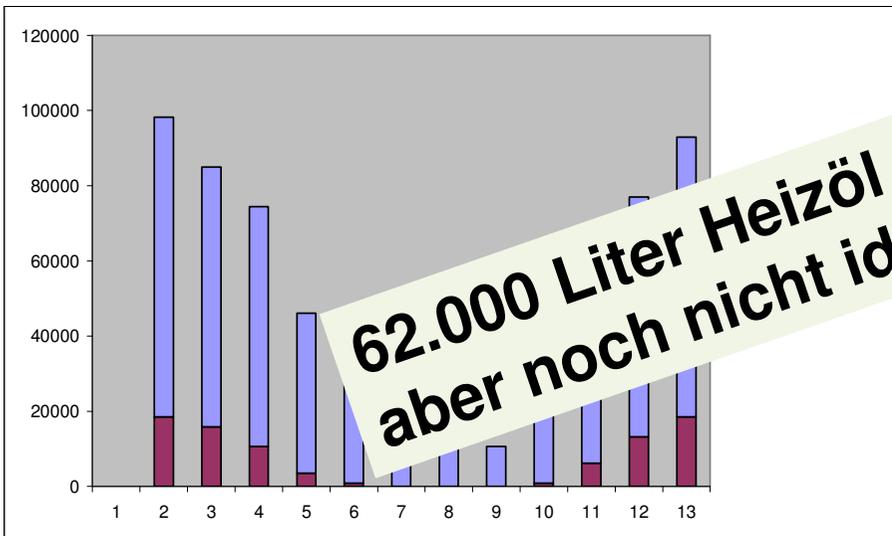
Planung einer Biogasanlage (250 kW)

- + Gute Wärmenutzung (Sauen)
- + Betriebsentwicklung für beide
- Es fehlt Fläche (etwa 50 ha)
- Nährstoffexport teuer (etwa 4,- €/m³; 1700 m³)

Wärmeangebot und Wärmebedarf

(560 Sauen + Wohnhaus; BHKW 250 kW_{el.} / 232 kW_{therm.})

| Monat | | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Summe |
|--|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------|--------------|---------------|----------------|------------------|
| Tage/Monat | | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| prozentuale Energiebedarfsverteilung | | | | | | | | | | | | | | |
| Wohnhausheizung | | 21% | 18% | 12% | 4% | 1% | 0% | 0% | 0% | 1% | 7% | 15% | 21% | 100% |
| Sauen und Ferkel | | 15% | 13% | 12% | 8% | 5% | 4% | 3% | 2% | 4% | 8% | 12% | 14% | 100% |
| absolute Energiebedarfsverteilung [kWh] | | | | | | | | | | | | | | |
| Wohnhausheizung | | 18.480 | 15.840 | 10.560 | 3.520 | 880 | 0 | 0 | 0 | 880 | 6.160 | 13.200 | 18.480 | 88.000 |
| Sauen und Ferkel | | 79.800 | 69.160 | 63.840 | 42.560 | 26.600 | 21.280 | 15.960 | 10.640 | 21.280 | 42.560 | 63.840 | 74.480 | 532.000 |
| Summe: | | 98.280 | 85.000 | 74.400 | 46.080 | 27.480 | 21.280 | 15.960 | 10.640 | 22.160 | 48.720 | 77.040 | 92.960 | 620.000 |
| Substitutionspotenzial BHKW [kWh] | | | | | | | | | | | | | | |
| thermische Leistung BHKW | kW | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | |
| spez. Verluste Wärmeleitung | W/m | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Länge Wärmeleitung | m | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | |
| Leistungsverlust | kW | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| Verfügbare Wärmeleistung | kW | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229 | |
| Laufzeit für potenzielle Energie | h/d | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| potenzielle Energie | kWh/d | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | 5496 | |
| ...im Monat | kWh/m | 170376 | 153888 | 170376 | 164880 | 170376 | 164880 | 170376 | 170376 | 164880 | 170376 | 164880 | 170376 | 2006040 |
| Prozessenergie thermisch BGA | % | 45 | 45 | 35 | 30 | 20 | 15 | 15 | 15 | 25 | 35 | 35 | 45 | |
| Verfügbare Wärme | kWh/m | 93706,8 | 84638,4 | 110744 | 115416 | 136300,8 | 140148 | 144819,6 | 144819,6 | | 744,4 | 107172 | 93706,8 | 1405876,8 |



**62.000 Liter Heizöl sind schon gut –
aber noch nicht ideal !!**

Biomasse für die 250 kW-Anlage

| eingesetzte Substrate | | Menge pro Jahr [t; m³] | spez. Substrat-kosten [€/t; m³] | Gesamt-substrat-kosten [€] | Trocken-masse-gehalt [%] | Siliiverl-uste [%] | spez. Gas-ausbeute [l/kg oTs] | Methan-gehalt [%] | Energie aus Biogas [kWh] | Kosten Gärsubstrat- verwertung | |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | [€/m³] | [€] |
| 1.10 | Sauengülle | 2.300 | 0,00 | 0,00 | 2,5 | 0,0 | 400 | 60,0 | 117.300 | 0,00 | 0,00 |
| 2.4 | Maissilage Eigen 40 ha | 2.000 | 30,00 | 60.000,00 | 32,0 | 8,0 | 680 | 52,5 | 2.017.935 | 3,50 | 5.318,39 |
| 2.5 | Maissilage Vertragsanbau 31 ha | 1.550 | 30,00 | 46.500,00 | 32,0 | 8,0 | 680 | 52,5 | 1.563.900 | 4,00 | 4.710,57 |
| 2.6 | Maissilage freier Zukauf 16 ha | 850 | 30,00 | 25.500,00 | 32,0 | 8,0 | 680 | 52,5 | 857.623 | 6,00 | 3.874,82 |
| Summe | | 6.700 | | 132.001,50 | | | | | 4.556.758 | | 13.903,78 |

Mögliche Substratkosten 1

| Substrate: 35 % Sauengülle (2300 t/a), 65 % Maissilage (4550 t/a, 8% Silierverlust) Wärmenutzung 620.000 kWh/a, Wärmeerlös = Einsparung fossile Energie (5 ct/kWh _{th}), Ausbringkosten Gärrest (4 €/m ³) trägt Biogasanlage | | |
|--|----------------------|--------------------------|
| <u>Erlöse</u> | €/kWh | €/Jahr |
| Stromvergütung gesamt | 0,2076 | |
| Grundvergütung | 0,1056 | |
| NawaRo-Bonus | 0,0686 | |
| Güllebonus | 0,0287 | |
| KWK-Bonus | 0,0047 | |
| Wärmeverkauf | 0,0151 | 30.999,98 |
| SUMME | 0,2228 | 456.196,06 |
| <u>KOSTEN</u> | | |
| AfA | 0,0504 | 103.125,00 |
| Wartung | 0,0257 | 52.717,10 |
| Allgemeinkosten | 0,0071 | 14.500,00 |
| Zinsen, Zinsansatz | 0,0136 | 27.935,03 |
| Stromzukauf | 0,0244 | 50.048,15 |
| Arbeitskosten | 0,0089 | 18.250,00 |
| SUMME | 0,1302 | 266.575,28 |
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0169 | 34.564,97 |
| <u>mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung)</u> | <u>0,0757</u> | <u>155.055,80</u> |

Mögliche Substratkosten 2

| | | |
|--|---------------|-------------------|
| Jährliche Renditeerwartung (5 % vom Gesamtinvest.) | 0,0169 | 34.564,97 |
| <i>mögliche Kosten Substrate (Beschaffung + Gärrestverwertung)</i> | <u>0,0757</u> | <u>155.055,80</u> |

| | Maissilage | Sauengülle | Rindermist | Grünroggen | Sonnenblume ZF |
|--|------------|------------|------------|------------|----------------|
| TS-Gehalt [%] | 33,0% | 2,5% | 23,0% | 35,0% | 22,0% |
| oTS-Gehalt [%] | 96,0% | 85,0% | 80,0% | 92,0% | 95,0% |
| Siliverlust/Lagerverlust [%] | 8,0% | 0,0% | 1,5% | 8,0% | 8,0% |
| spezifische Biogasausbeute [NI/kg oTS] | 680 | 400 | 360 | 580 | 650 |
| Methangehalt [%] | 52,5% | 60,0% | 56,0% | 54,0% | 56,0% |
| el. Wirkungsgrad BHKW [%] | 42,0% | | | | |
| Stromertrag je t Frischmasse [kWh/t] | 437 | 21 | 153 | 390 | 294 |
| Gärrestanfall [kg/t FM] | 762 | 990 | 922 | 794 | 850 |
| Maximalkosten je t Frischmasse "frei Silo" [€/t] | 30,04 | -2,34 | 7,93 | 26,33 | 22,26 |
| Substratanteile [%] | 65,7% | 34,3% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Kostenansätze [€/t] | 30,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Durchschnittliche Substratkosten [€/kWh] | 0,0712 | | | | |
| Einsparung Substratkosten [€/Jahr] | 9.151 | | | | |

Gärrestverwertung: 4,- €/m³

Zwischenfazit **Teil 3**

1. Die Flächennutzungskosten der Region schlagen voll auf die Kosten der Stromerzeugung durch
2. Die Wirtschaftlichkeit nahezu nur durch die Wärmenutzung
3. Einsatz von Geflügelmist aufgrund der Nährstofffracht nur begrenzt möglich
4. Gülleexport und Maisproduktion auf den eigenen Flächen verlagert das Preisrisiko nur von der Biogasanlage auf den Futterzukauf
5. Zwischenfrüchte sind eine Ergänzung, aber nicht die Lösung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr. Arne Dahlhoff

LZ Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf

Tel: 02945 989 191

Fax: 02945 989 133

arne.dahlhoff@lwk.nrw.de

Dr. Waldemar Gruber

Siebengebirgsstraße 200
53229 Bonn

Tel: 0228 703 1232

Fax: 0228 703 19 1232

waldemar.gruber@lwk.nrw.de

Dr. Joachim Matthias

Nevinghoff 40
48147 Münster

Tel: 0251 2376 360

Fax: 0251 2376 396

joachim.matthias@lwk.nrw.de