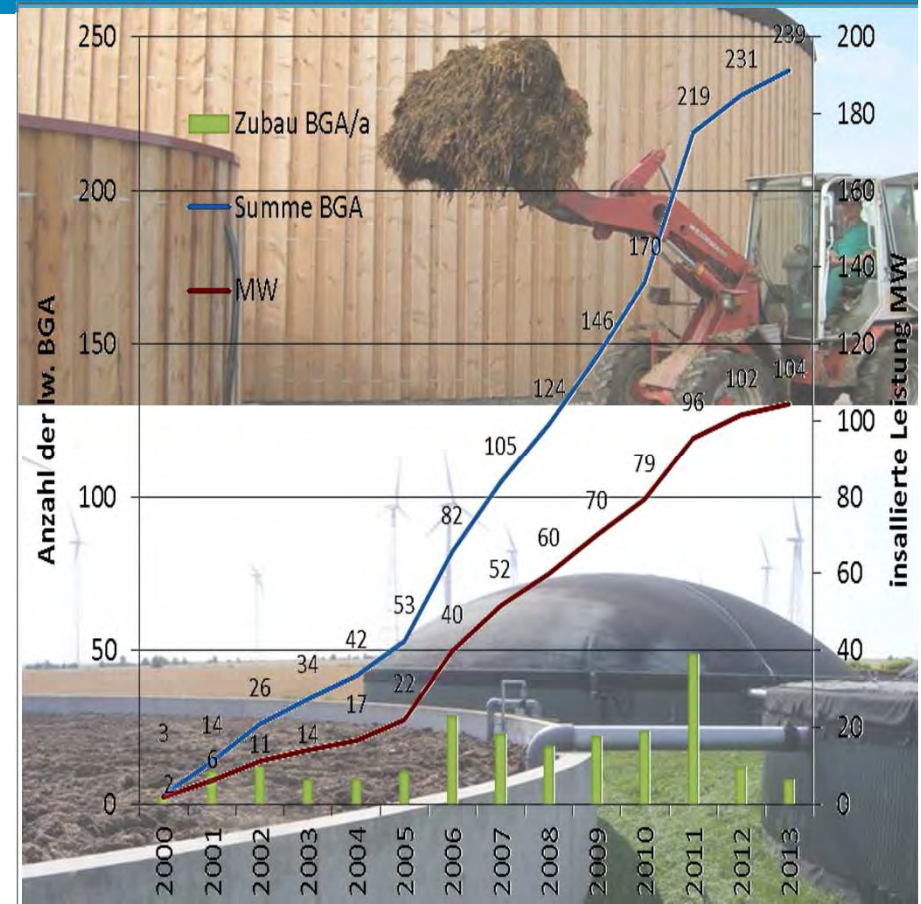


# Besondere Eigenschaften verschiedener Gülle- und Festmist- arten bei der Vergärung

## FNR Tagung

25.September 2014, Oldenburg

**G. Reinhold,**  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
[gerd.reinhold@tll.thueringen.de](mailto:gerd.reinhold@tll.thueringen.de)





# Agenda

- **Einsatz** von Wirtschaftsdünger
- **Inhaltsstoffe und Eigenschaften** von Wirtschaftsdünger
- **Wirtschaftsdüngerwert** und dessen Ermittlung
- Wirkung auf die **Verfahrenstechnik und Ökonomie**
  - Prozesswärmebedarf, Verweilzeit und Belastung sowie GRL
  - Anlagengröße, Investitionen und Betriebskosten
- **Schlussfolgerungen**



# Vor- und Nachteile des Gülleinsatzes in BGA

## Vorteile:

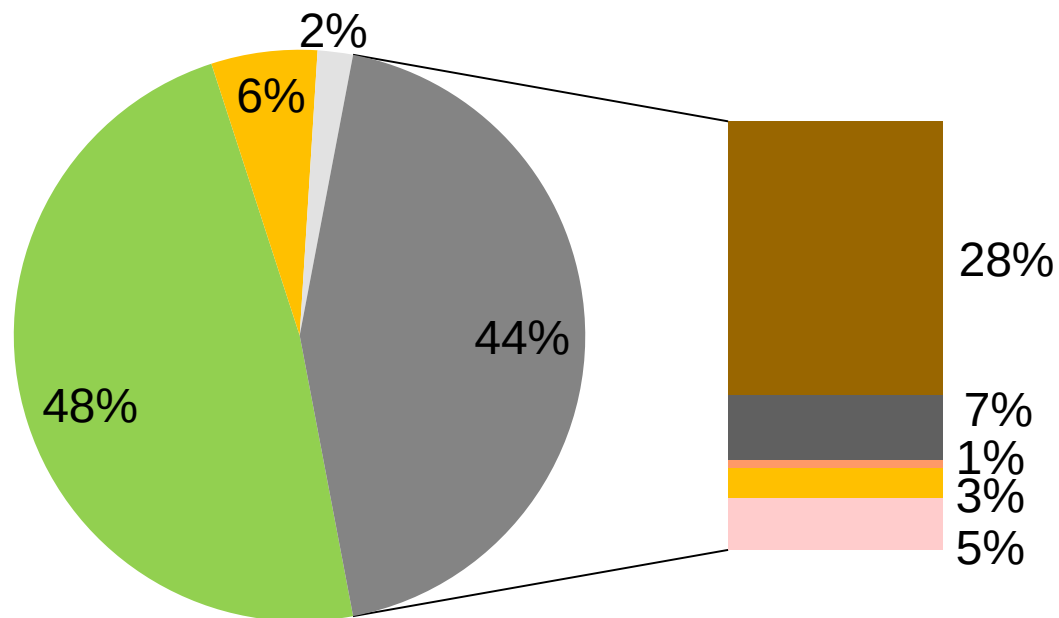
- Zufuhr Methanbakterien und Mikronährstoffe
- Kostenfrei + Güllebonus
- Ersatz von Fläche
- Hydraulik im Fermenter
- Ammonifizierung
- Geruchsverminderung
- Hygienisierung d. Gülle

## Nachteile:

- Geringer TS-Gehalt
- Aufheizbedarf steigt
- Vergrößerung des Faulraums (Invest)
- Verweilzeitverkürzung
- 150 d gasdichte Gärrestlager
- Vergrößerung der GRL
- Bürokratie (Gutachter)

# Substrateinsatz in den BGA

Quelle: DBFZ Betreiberbefragung 2014



- NAWARO
- lw. Reststoffe
- Kommunal Bioabfall
- Wirtschaftsdünger
- Rindergülle (64%)
- Schweinegülle (15%)
- HTK (2%)
- Stallmist (3%)
- nicht spezifiziert (WD 12%)

| installierte el.<br>Anlagenleistung <sup>1</sup><br>[kW <sub>el</sub> ] | NawaRo<br>[%] | Exkrement<br>[%] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|
| ≤ 70                                                                    | 16            | 83               |
| 71 - 150                                                                | 34            | 65               |
| 151 - 500                                                               | 45            | 53               |
| 501 - 1 000                                                             | 51            | 40               |
| > 1 000                                                                 | 50            | 32               |



# Substrateinsatz in den Bundesländern (Quelle: EEG Monitoring 2011)

|                        | Gülle (%) | NawaRo (%) | industr./ landw.<br>Reststoffe (%) | berücksichtigte<br>Rückmeldungen<br>(Anzahl) |
|------------------------|-----------|------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
| Niedersachsen          | 34,1      | 65         | 0,8                                | 116                                          |
| Rheinland-Pfalz        | 40,8      | 59,2       | 0                                  | 26                                           |
| Baden-Württemberg      | 41,1      | 58,5       | 0,4                                | 72                                           |
| Bayern                 | 45,3      | 54,6       | 0,2                                | 238                                          |
| Nordrhein-Westfalen    | 45,3      | 53,8       | 0,9                                | 60                                           |
| Mecklenburg-Vorpommern | 49,1      | 50,9       | 0                                  | 23                                           |
| Hessen                 | 51,3      | 47,4       | 1,3                                | 25                                           |
| Brandenburg            | 51,9      | 46,7       | 1,3                                | 26                                           |
| Sachsen                | 73,4      | 26,4       | 0,2                                | 46                                           |
| Thüringen              | 77,4      | 22,2       | 0,4                                | 39                                           |
| Deutschland*           | 46,8      | 52,8       | 0,5                                | 724                                          |

\*inkl. Stadtstaaten, Saarland, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein

# Voraussetzungen für den Wirtschaftsdüngereinsatz

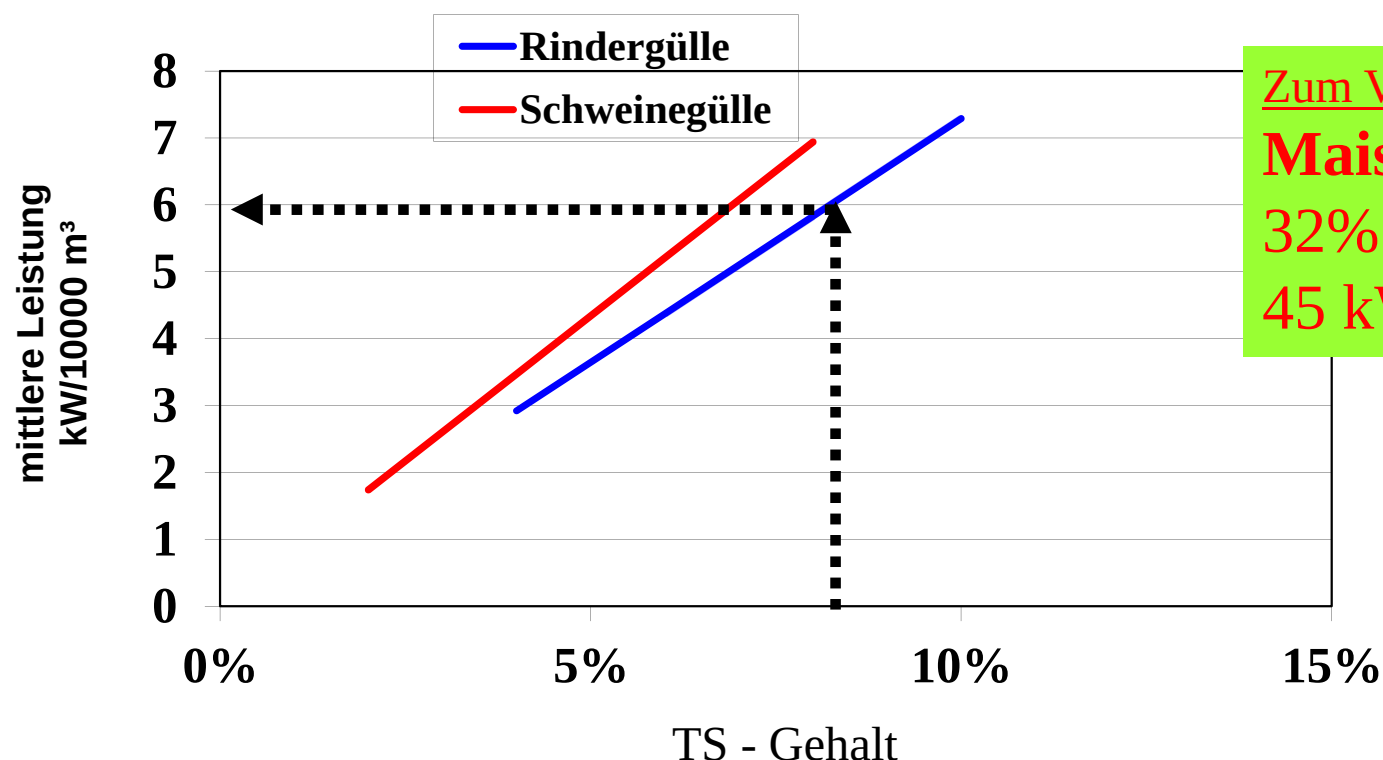
- BGA steht neben große Stallanlagen
  - Gülle ist pumpbar, kein mobiler Gülletransport
- Verwertbarkeit der Gülle-Nährstoffe
  - BGA übernimmt sonst das Verwertungsproblem
  - geringerer Gülleinsatz in Nährstoffüberschussregion
- Keine Forderung nach 150 Tagen Verweilzeit
  - Auch 100 % Gülle ist verfahrenstechnisch problematisch
  - Kleine Gülleanlage 75 kW ökonomisch schwierig
- Keine hohen Forderungen nach Wärmeverwertung
- Verfügbarkeit von einfachen und kostengünstigen Stallmistaufbereitungsverfahren

# Wirkungen des EEG 2012/14

- Größere BGA bevorteilt → **weniger Gülle**
  - Gülle zur Prozessstabilisierung (5 %)
- 150 d Verweilzeit gasdicht → **weniger Gülle**
  - Maisanlage 100...150 d Verweilzeit
  - Gülleanlage 50 d Verweilzeit
- 60 % Wärmenutzung → **weniger Gülle**
  - da mehr Prozesswärmebedarf
  - Transportaufwand der Gülle zur Wärmesenke
  - 60 % Gülleanteil oft nur erreichbar durch Gülletransport
- **Kleine Gülleanlage** → Investhöhe ? Wirkungsgrad ?
  - Erleichterungen im EEG 2014 (Stallmisteinsatz)

# Monovergärung von Gülle

realisierbare Leistung aus 1000 m<sup>3</sup> Gülle in  
Abhängigkeit vom TS Gehalt



Zum Vergleich:

**Mais**

32% TS

45 kW/1000 t

→ ca. 5...7 kW/1000 m<sup>3</sup>

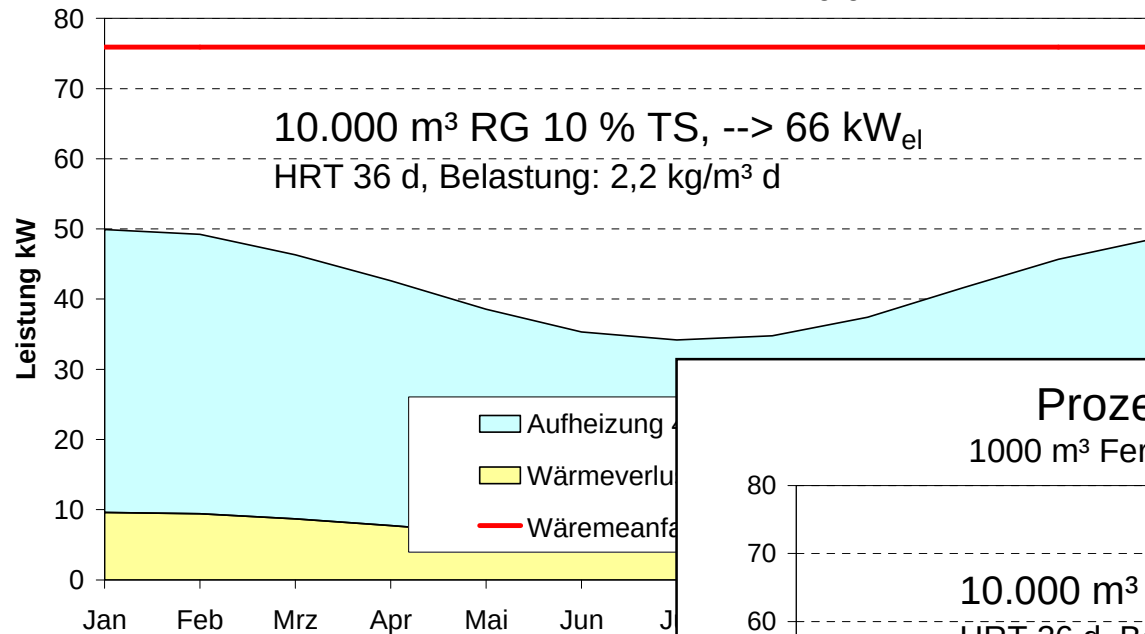
**TS- und Fettsäure-Gehalt sind entscheidend**



# Rindergülle Monovergärung

## Prozesswärmeebedarf

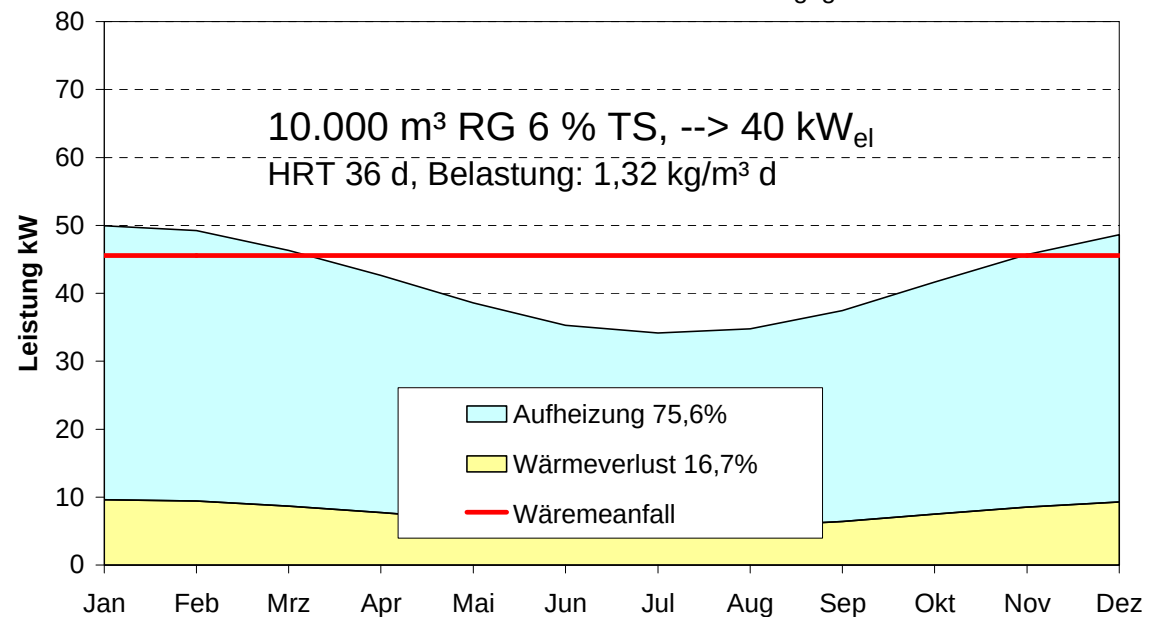
1000 m<sup>3</sup> Fermenter 35% / 40 % Wirkungsgrad



**Benachteiligung von  
Gülle im EEG 2012,  
Wärmebedarf > 25%**

## Prozesswärmeebedarf

1000 m<sup>3</sup> Fermenter 35% / 40 % Wirkungsgrad



# Substrateigenschaften

(Quelle: Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)

|                    |           | RG          | SG            | TK         | StM       | GR      |
|--------------------|-----------|-------------|---------------|------------|-----------|---------|
|                    |           | Rindergülle | Schweinegülle | Trockenkot | Stallmist | Gärrest |
|                    | n =       | 99          | 28            | 26         | 34        | 125     |
| TM<br>(KTBL-Wert)  | % der FM  | 9,1<br>10   | 5,4<br>6      | 44<br>40   | 25<br>25  | 6,0     |
| oTS<br>(KTBL-Wert) | % der TM  | 80<br>80    | 74<br>80      | 77<br>75   | 85<br>85  | 72      |
| C <sub>org</sub>   | % der FM  | 4,1         | 2,4           | 17,1       | 10,9      | 2,4     |
| C                  | % der oTM | 56          | 57            | 50         | 50        | 49      |
| pH                 | -         | 6,9         | 7,1           | 7,1        | 8,6       | 7,6     |

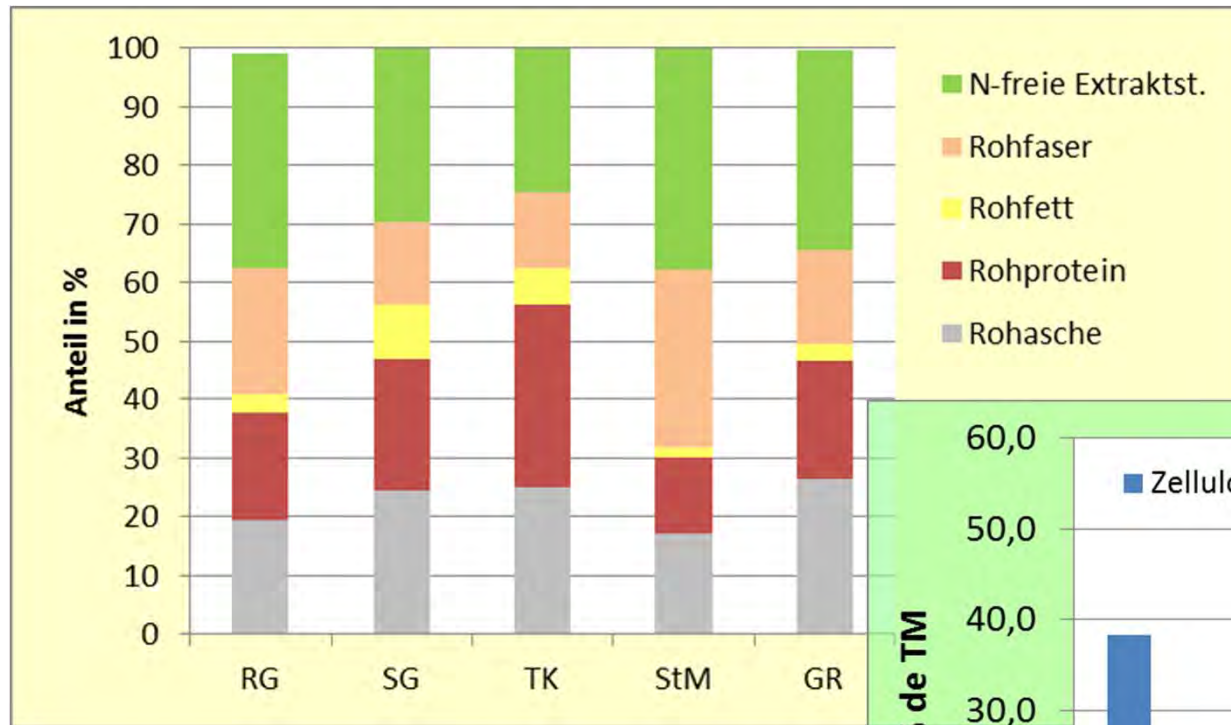
# Substrateigenschaften

(Quelle: Thüringer Monitoring BGA 2004...2013)

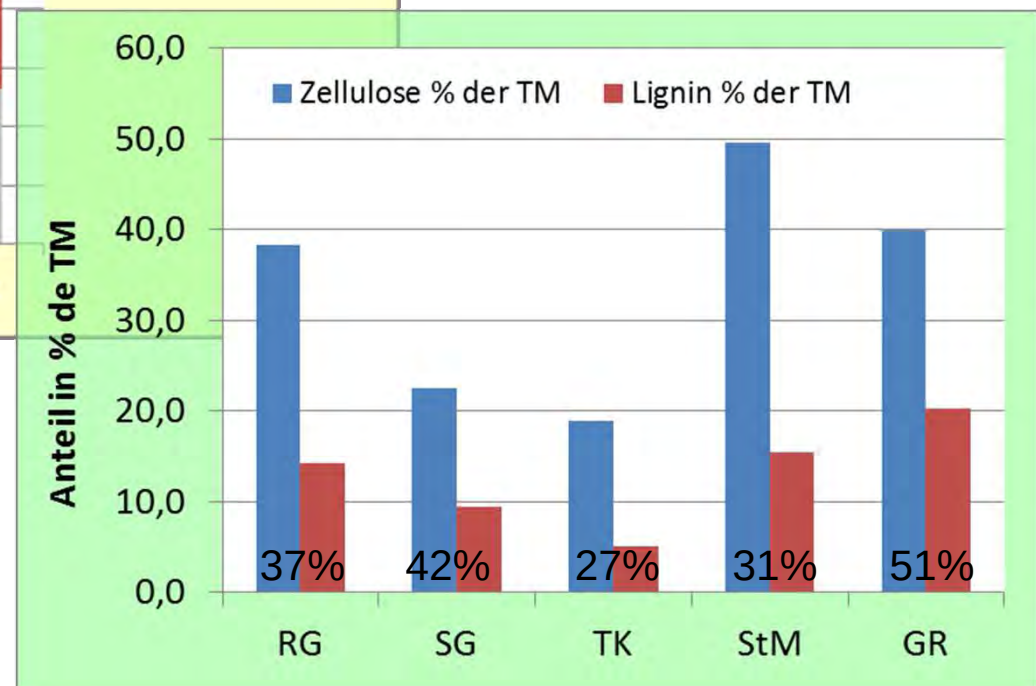
|                       |          | RG          | SG            | TK         | StM       | GR      |
|-----------------------|----------|-------------|---------------|------------|-----------|---------|
|                       |          | Rindergülle | Schweinegülle | Trockenkot | Stallmist | Gärrest |
| Rohfaser              | % der TM | 21,7        | 13,9          | 12,8       | 30,4      | 15,9    |
| ADF                   | % der TM | 38,3        | 22,5          | 18,9       | 49,6      | 40,0    |
| Lignin                | % der TM | 14,3        | 9,5           | 5,0        | 15,4      | 20,3    |
| Rohfett               | % der TM | 3,3         | 9,4           | 6,4        | 1,6       | 3,0     |
| N-freie<br>Extraktst. | % der TM | 36,5        | 30,5          | 24,6       | 37,9      | 34,1    |
| Rohprotein            | % der TM | 18,1        | 22,6          | 31,3       | 13,1      | 20,3    |

# Hauptinhaltsstoffe

(Quelle: Thüringer Monitoring BGA 2012, n=46)



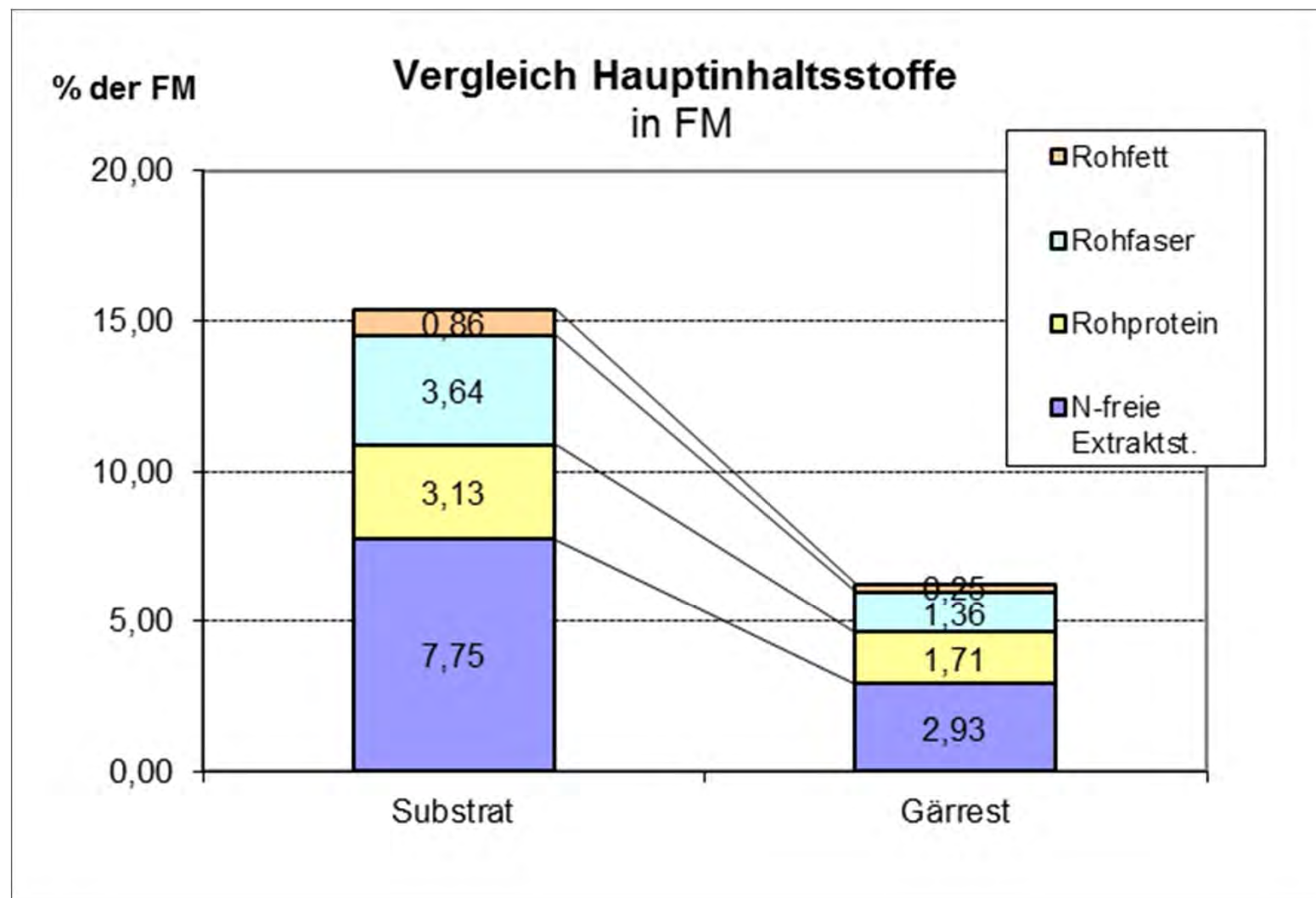
Ligninanteil % der Zellulose





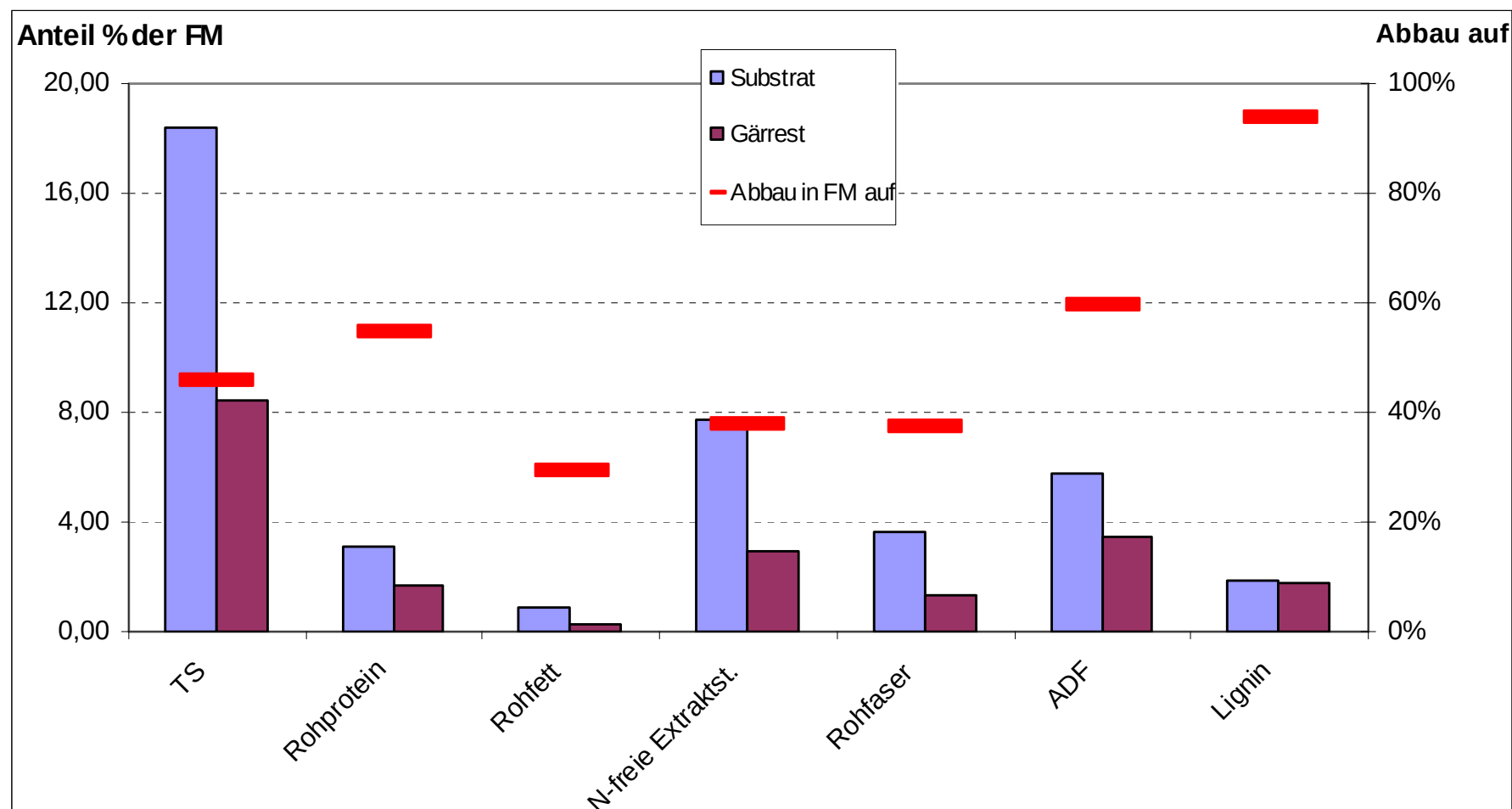
# Abbau der Hauptbestandteile

Monitoring 2012, n=46

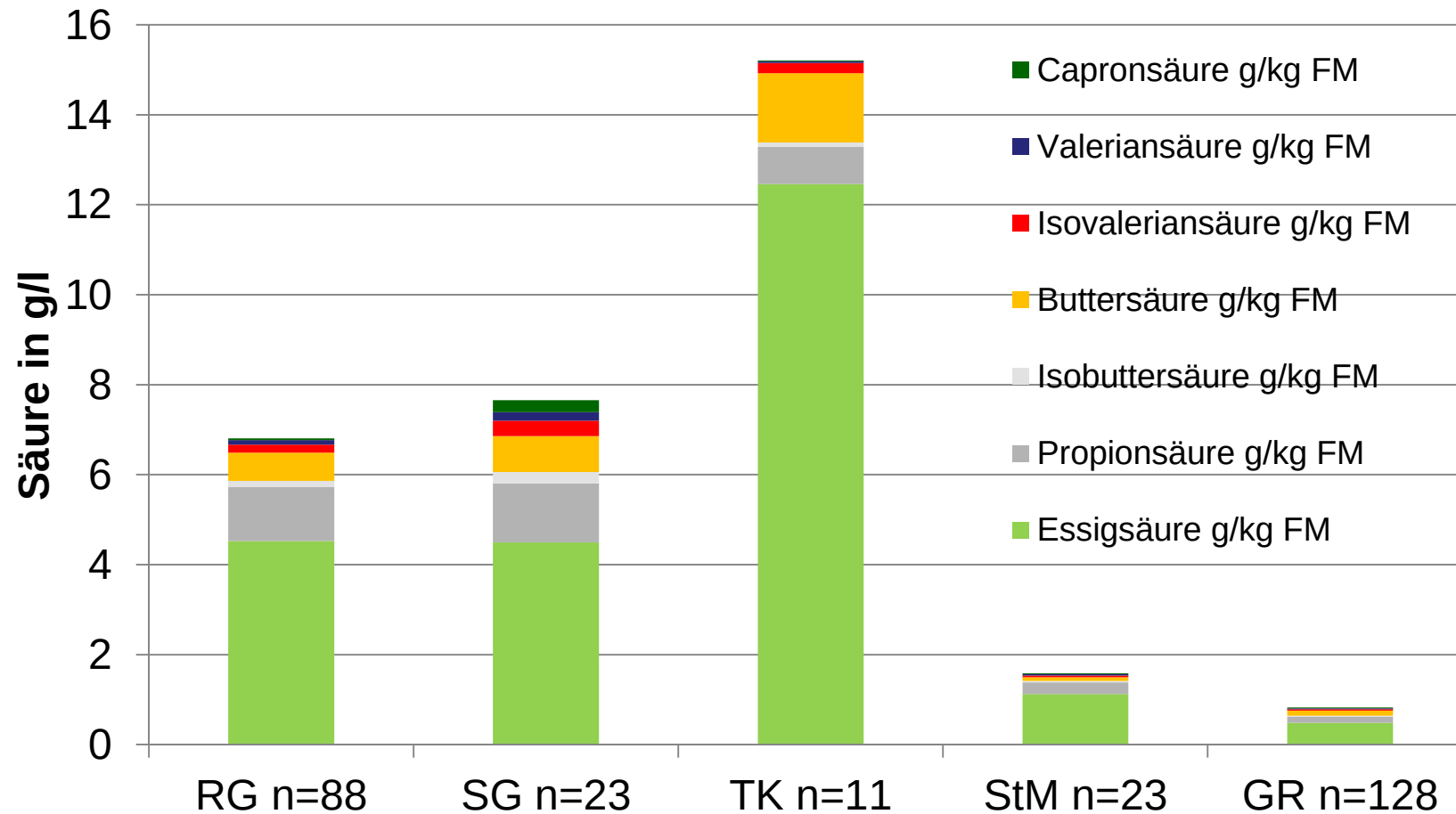


# Abbau der Inhaltsstoffe (% FM)

Monitoring 2012, n=46

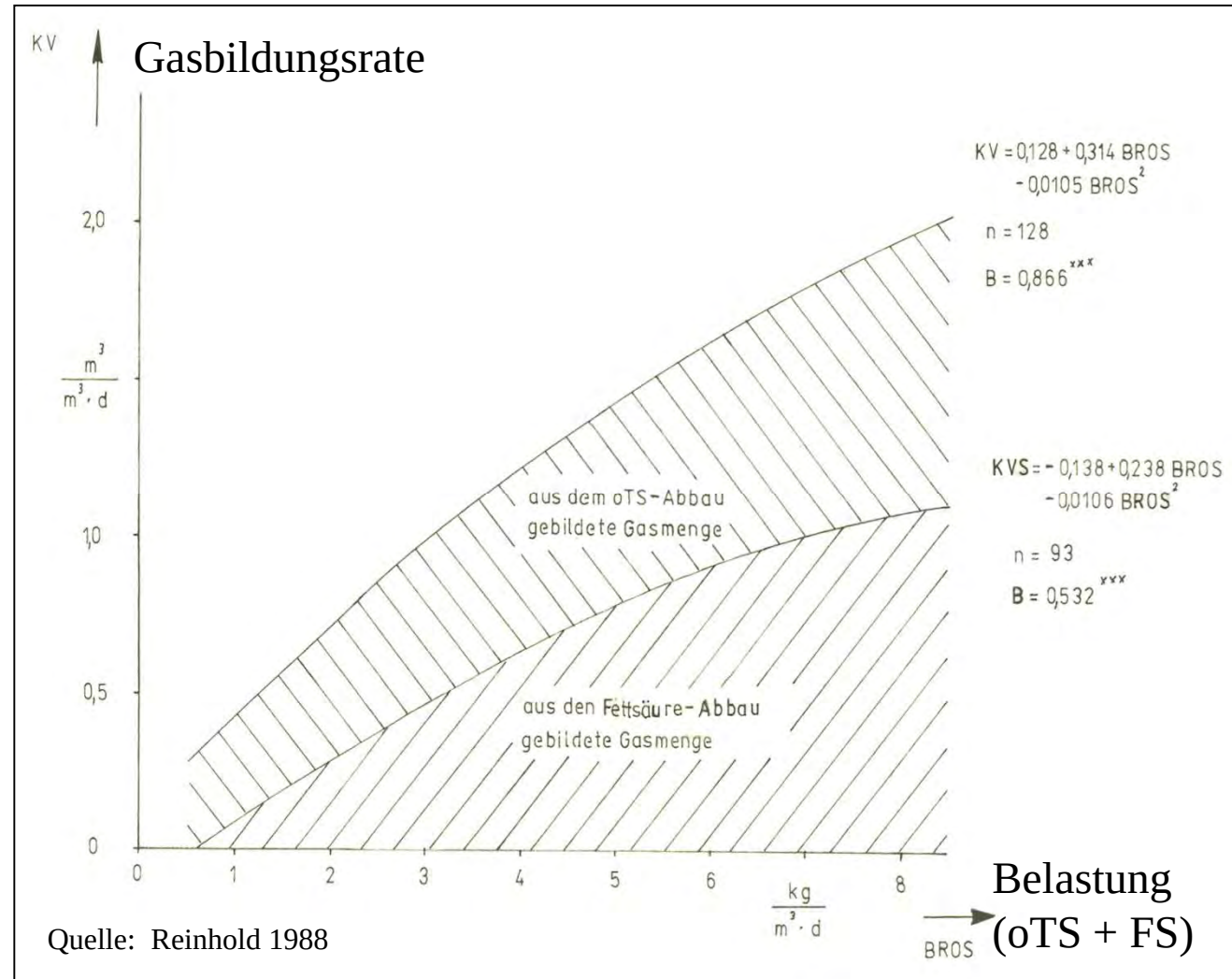
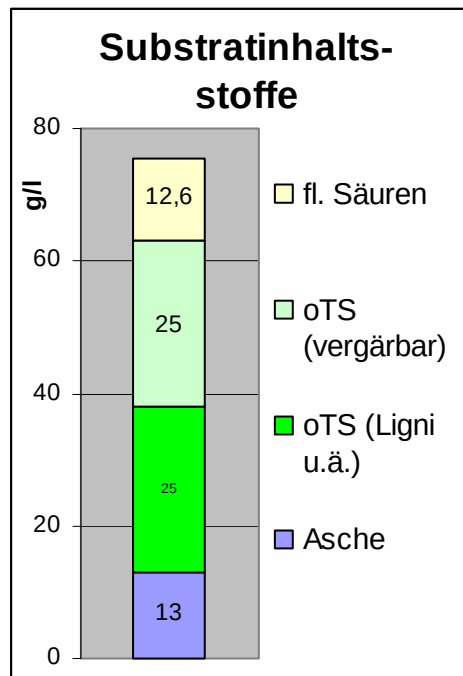


# Gehalte an flüchtiger Fettsäure



# Anteil der Fettsäuren an der Gasbildung (BGA Berlstadt 1888)

Fettsäuregehalte:  
RG = 8...10 g/l  
SG = 10...18 g/l  
(15-30 % d. oTS)

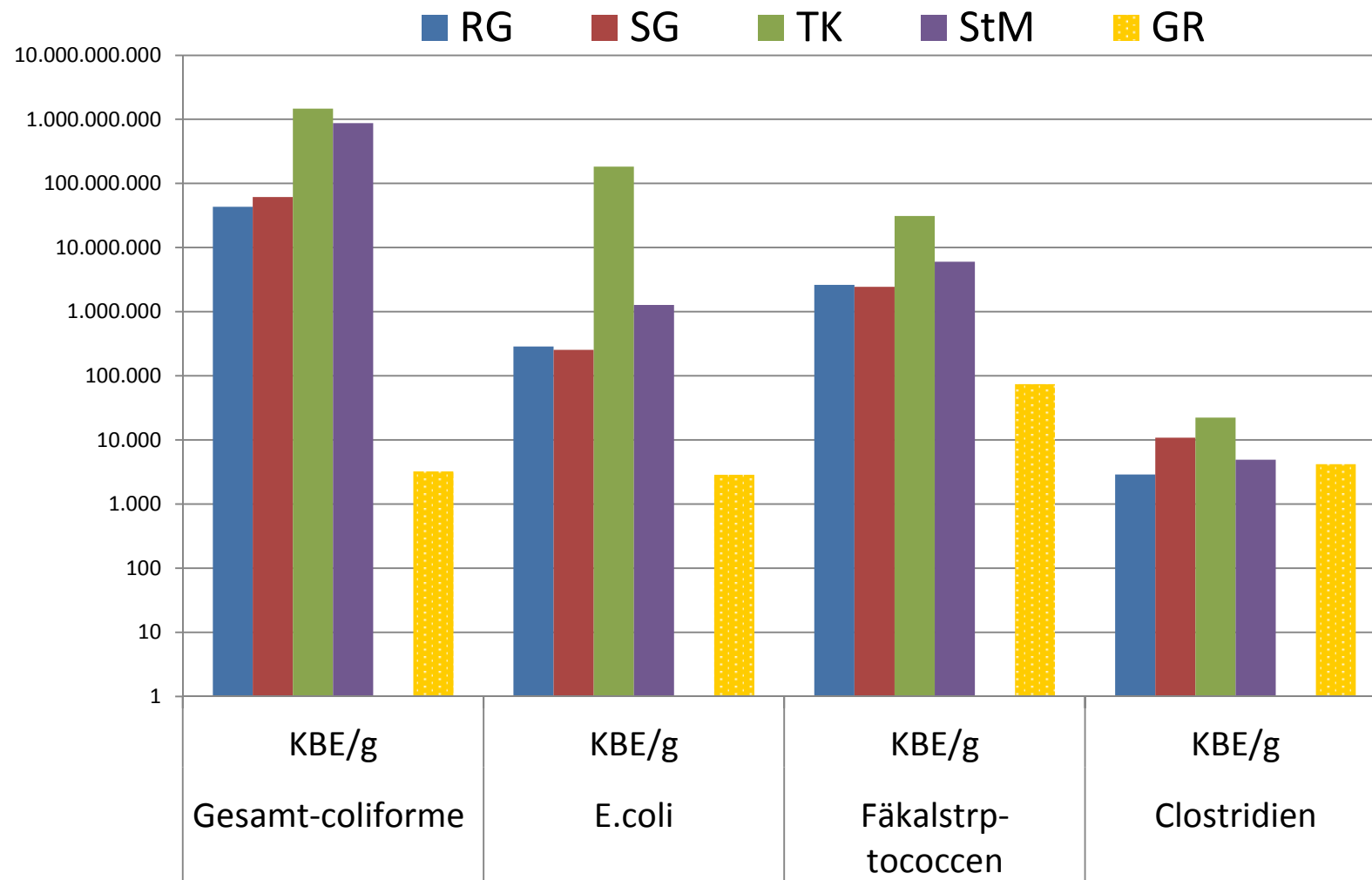


# Inhaltsstoffe der WD

|                         |          | RG          | SG            | TK         | StM       | GR      |
|-------------------------|----------|-------------|---------------|------------|-----------|---------|
|                         |          | Rindergülle | Schweinegülle | Trockenkot | Stallmist | Gärrest |
| <b>N<sub>ges</sub></b>  | % der FM | 0,42        | 0,43          | 2,22       | 0,64      | 0,45    |
| <b>NH<sub>4</sub>-N</b> | % des Nt | 48          | 73            | 22         | 15        | 67      |
| <b>C/N</b>              |          | 10          | 5             | 8          | 18        | 5       |
|                         |          |             |               |            |           |         |
| <b>Zn</b>               | mg/kg TM | 307         | 1026          | 366        | 144       | 564     |
| <b>Cu</b>               | mg/kg TM | 297         | 355           | 62         | 31        | 292     |



# Hygienischer Status der WD



# Wirkung des WD-Einsatzes auf die Gärresteigenschaften

|       |         | RG        | SG       | TK-SG        | NaWaRo        |
|-------|---------|-----------|----------|--------------|---------------|
|       |         | > 85 % RG | >85 % SG | > 70 % TK+SG | > 70 % NaWaRo |
| TM    | %       | 6,04      | 4,36     | 4,16         | 10,02         |
| oTS   | % d. TM | 72        | 69       | 67           | 76            |
| Nt    | %       | 0,41      | 0,51     | 0,50         | 0,60          |
| NH4-N | % d Nt  | 64        | 83       | 81           | 58            |
| C/N   |         | 6,11      | 3,32     | 3,32         | 6,72          |
| S     | mg/kgTM | 8282      | 8360     | 7515         | 4650          |
|       |         |           |          |              |               |
| Zn    | mg/kgTM | 547       | 931      | 963          | 177           |
| Cu    | mg/kgTM | 421       | 447      | 310          | 49            |
| Ni    | mg/kgTM | 5,4       | 7,1      | 9,8          | 6,8           |

# Pferdemist

- Hoher **Einstreuanteil** → TS: 25...40 %
  - Stroh, Holz (Hobelspäne, Sägespäne), Hanfschäben
- Hoher **Faseranteil** in den Pferdeäpfeln  
→ **Aufbereitung (Zerkleinerung) meist erforderlich**
- oTS Anteil 75...90 %
- Hohe **Variabilität** der Inhaltsstoffe (Einstreuart, Menge)
- oft hoher **N-Gehalt 5 ... 15 kg/t** und  $\text{NH}_4$ -N-Gehalt
- Biogasertrag 200 ... 300 l/kg oTS
- Pferdehalter haben oft ein **Entsorgungsproblem**, da kaum Ackerland verfügbar ist

# Ökonomische Bewertung von Gülle

## + **Gesparte Kosten NAWARO**

(8 m<sup>3</sup> Rindergülle mit 8 % TS = 1 t Mais 32 % TS (45 €/t) → **5,60 €/t**)

## + Verfahrenstechnischer Wert

+ Animpfung / Verdünnung / Homogenisierungsaufwand / ...

- Prozesswärmebedarf / Verweilzeit / Belastung / ...

## +/- Nährstoffwert (wirksame Gehalte, N-Verluste beachten)

8 €/m<sup>3</sup> (Brutto) bzw. / bis 15 €/m<sup>3</sup> Entsorgungsgebühr

- Transportkosten (im Bereich bis 5 km kaum entfernungsabhängig) **2 ... 3 €/m<sup>3</sup>**

- Applikationskosten **3 ... 4 €/m<sup>3</sup>**

- Mehraufwand Invest (150 d gasdicht, Lagerkapazität)

---

= **Wert der Gülle**

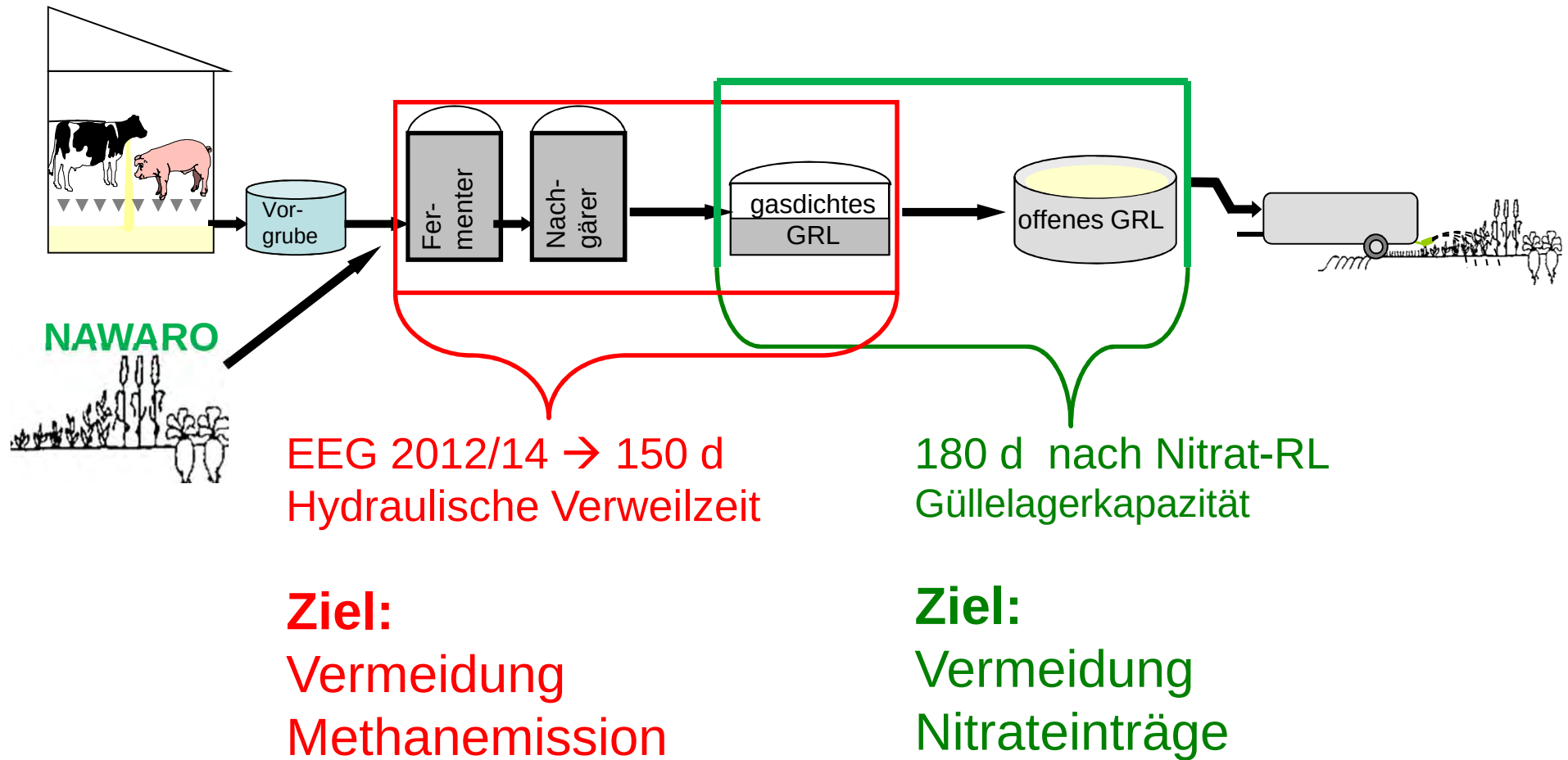
+ **Güllebonus (EEG 2009)**

# Preise der Wirtschaftsdünger

- EEG 2009
  - Bonuswert = 84 T€ (in 500 kW Anlage)
- WD-Preise (frei Eintrag; Quelle: FvB 2013 ):
  - Gülle (unabhängig von der Tierart)    4,00 €/m<sup>3</sup> = **29,8 ct/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**  
Spanne: 9 €/t ... -12 €/t
  - Stallmist    5,62 €/t    = **10,6 ct/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**
  - Trockenkot    17,59 €/t    = **17,1 ct/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**
  
  - Silomais (frei Silo)    34,60 €/t  
+ Silierung (8 €/t) und Silierverluste (10 %)    = **45 ct/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**  
= **11,8 ct/kWh**



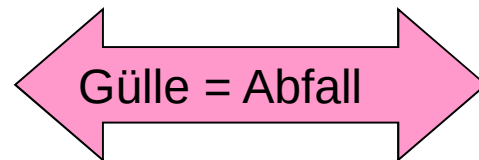
# Doppelfunktion des Gärrestlagers



# Einstufung von Gülle in der BGA als Abfall

(grundsätzlich nach KrWG, Ausnahme Nebenprodukt zur Verwertung)

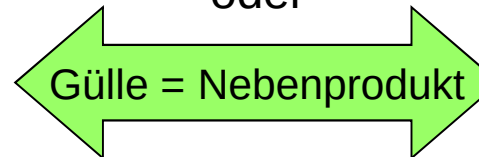
Kreislaufwirtschaftsgesetz



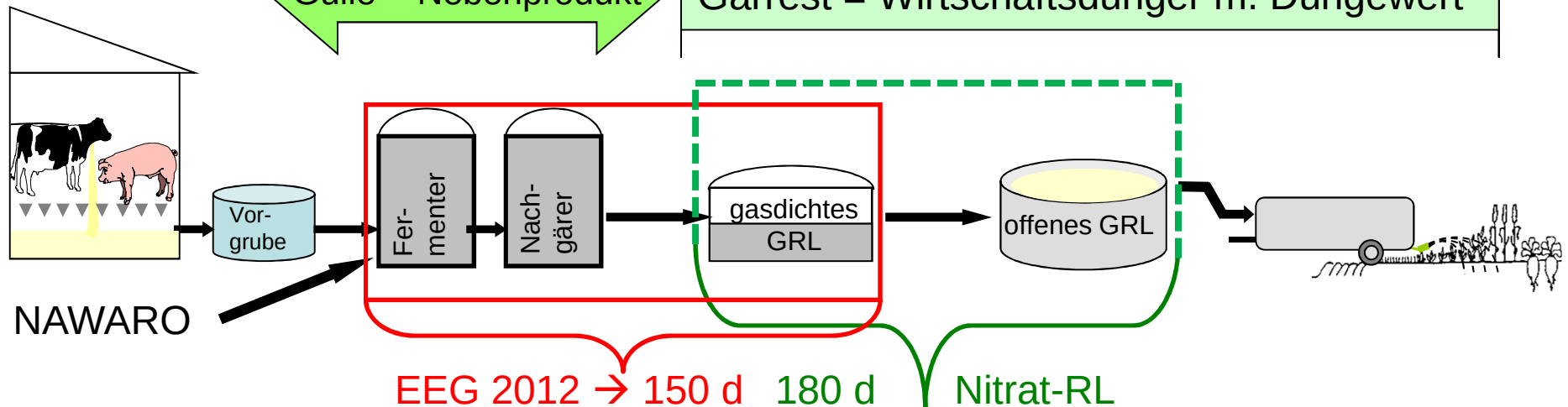
wenn Gärrest Entsorgungsprodukt ist

Nachgenehmigung der Anlage ?

oder



Gärrest = Wirtschaftsdünger m. Düngewert



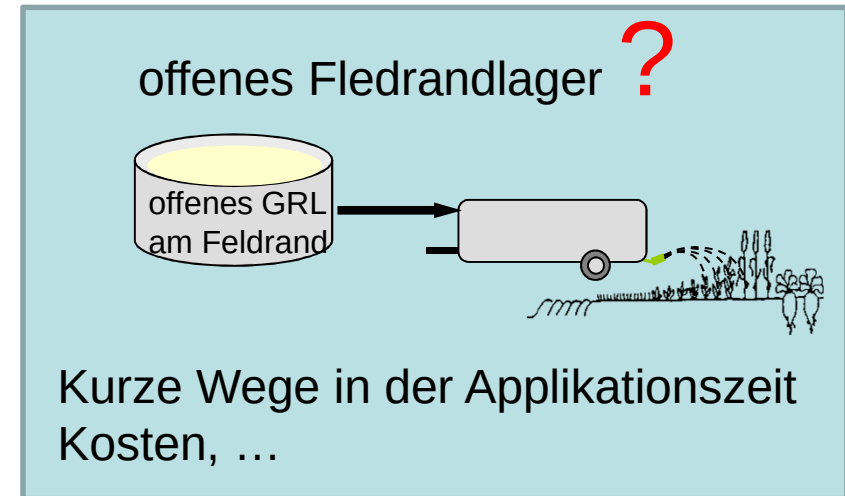
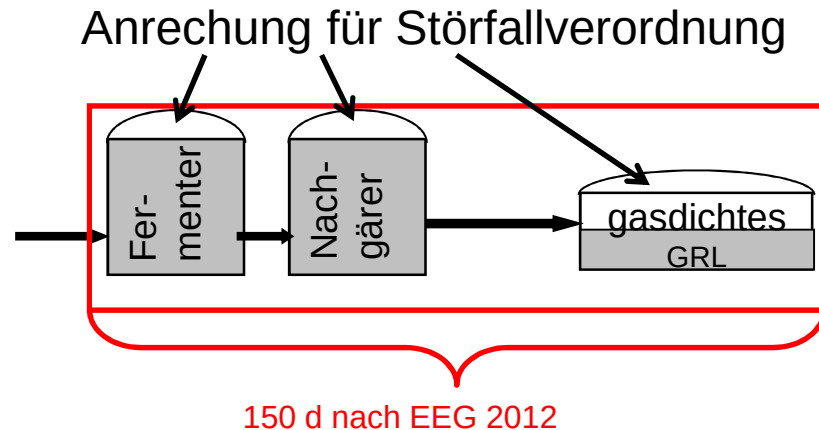
**Gülle = Abfall** → **Registrierungs-<sup>1)</sup>, Anzeige-<sup>2)</sup> u. Kennzeichnungspflicht<sup>3)</sup>**

1) ggf. mit Einsatzstofftagebuch koppelbar

2) einmalig nach KrWG §53 Abs. I anzeigen

3) A-Schild ab 1.7.2014 (Ausnahme Transport durch Landwirt)

# Gasdichtes GRL an der BGA oder als offenes Fledrandlager

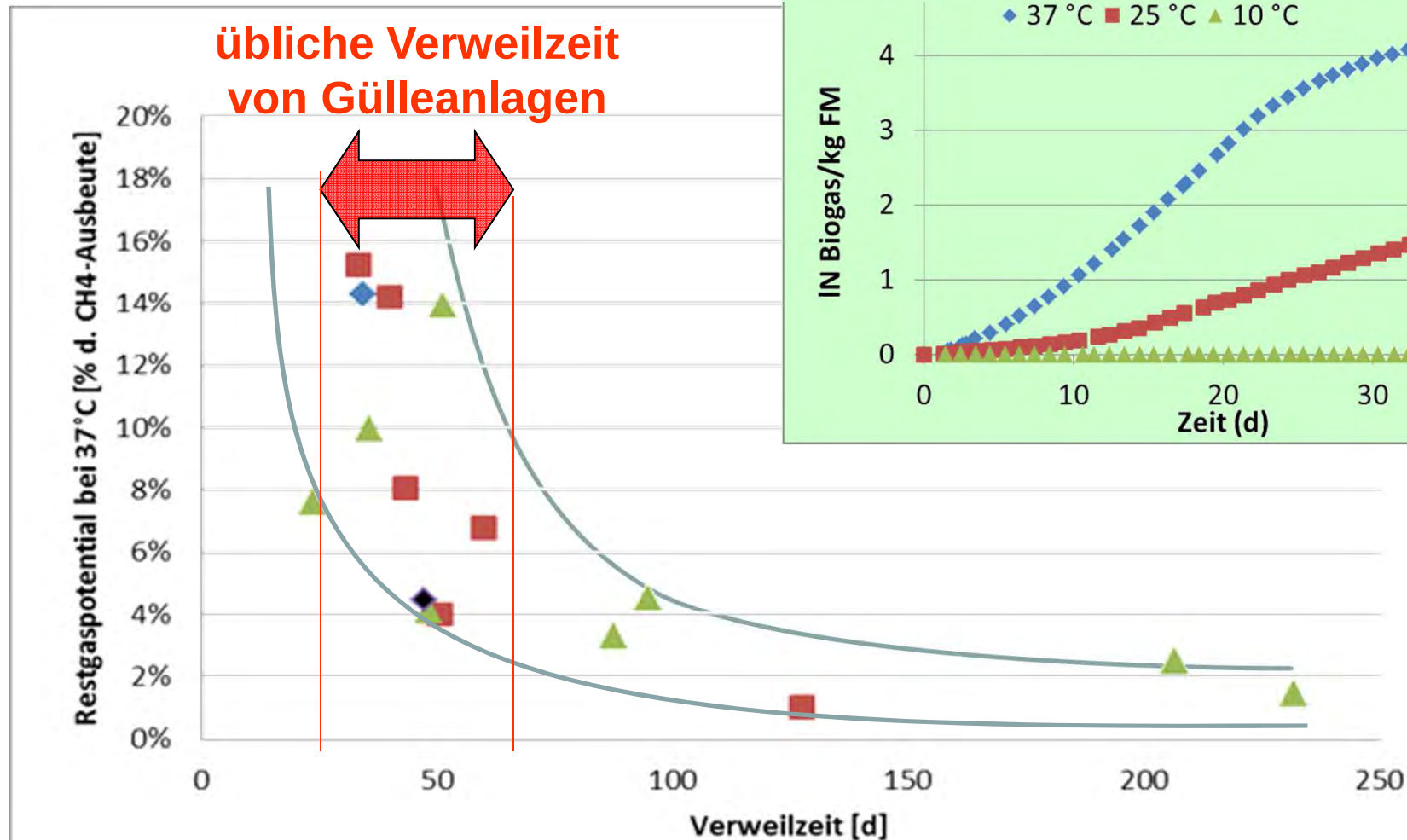


Störfallverordnung **gilt ab 10 t Gaslagerung**

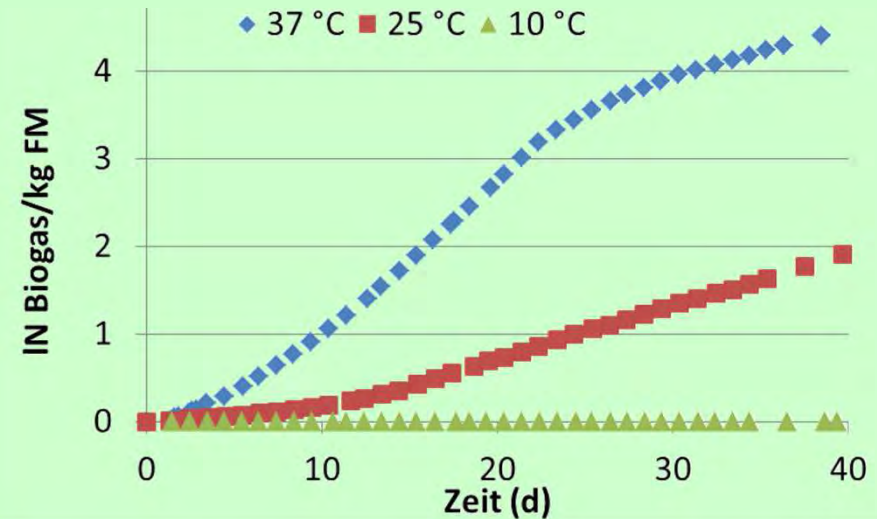
Gaslagerkapazität = Kuppel Fermenter / Nachgärer + Freibord  
+ Kuppel GRL + Volumen GRL  
(da dieses mindestens an einem Tag im Jahr leer ist)

→ **Ab 7.000 ... 8.000 m<sup>3</sup> Gaslagerkapazität Genehmigung nach Störfallverordnung nötig, da:** 1 m<sup>3</sup> Biogas = ca. 1,3 kg  
(50 % CH<sub>4</sub> = 1,34 kg/m<sup>3</sup>; 55% CH<sub>4</sub> = 1,28 kg/m<sup>3</sup>, 60 % = 1,21 kg/m<sup>3</sup>)

# Substratausnutzung → Nutzung des Restgaspotentials



Einfluss der Fermentationstemperatur



# Zusammenfassung

- **Neubau** von BGA ist im EEG 2014 sehr schwierig
  - Ausnahme **kleine Gülleanlagen § 44** und ggf. BioAbf § 43
- **Bestand** Erschließung der Effizienzreserven
  - Substratkostensenkung durch Gülle- u. Mistinsatz
  - Rückwirkung auf:
    - Verweilzeit (150 d)
    - Prozessstrom, Wärmeverkauf, ... beachten
- **Fettsäuregehalte** sind bei Güllevergärung zu beachten
- **Rindergülle** aufgrund höhere TS- Gehalte bevorzugt
- Verfahren zur **Stallmistaufbereitung** sind zu entwickeln

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!