

Plant - Energy Workshop

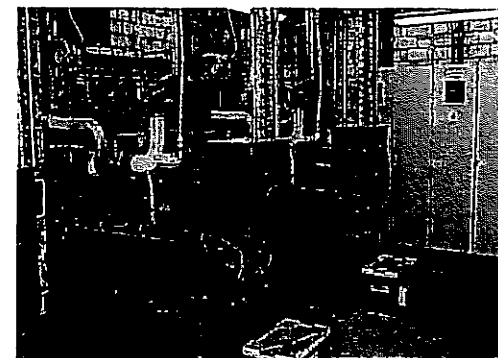
Potsdam, 12.02.2007



# Probleme und Optimierungsmöglichkeiten bei der Biogaserzeugung und Nutzung

P. Weiland

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)



- **Probleme**
- **Potenzielle Schwachstellen**
- **Optimierungsmöglichkeiten**
  - Ernte
  - Lagerung
  - Vergärung
  - Gasverwertung
- **Fazit**

# Ausgewählte Probleme bei Biogas

---

- hoher Energiebedarf für Ernte und Aufschluss von strukturreichen Energiepflanzen (kurze Schnittlängen)
- hohe Energieverluste während der Lagerung von Energiepflanzen (Veratmung)
- geringe Abbaugeschwindigkeit von rohfaserreichen Energiepflanzen (lange Fermenter-Verweilzeiten)
- Hemmung des Substratabbaus infolge ungünstiger stofflicher Zusammensetzung der Energiepflanzen
- unzureichende Bakterienvermehrung durch Mangel an Spurenelementen
- schwierige Homogenisierung des Fermenterinhalt (Schwimm- und Sinkschichten)
- schlechte Gasqualitäten bei Verwertung von Energiepflanzen mit erhöhten Schwefelgehalten.

# Anforderungen der einzelnen Prozessstufen



# Anforderungen seitens der Ernte

---

- Ernte zum Zeitpunkt des höchsten Massenertrags bei gleichzeitig hoher Vergärbarkeit der Organik
- Anpassung der Erntetechnik an die spezifischen Anforderungen von Energiepflanzen
  - kurze Schnittlängen bzw. kleine Partikelgrößen
  - mechanischer Aufschluss der Energiepflanze bereits während des Ernteprozesses
  - hohe Schüttgutdichte zur Reduzierung des Transportvolumens
  - geringer Anteil an Sand, Steinen und anderen Störstoffen im Erntegut

# Anforderungen an die Silierung

---

- geringe Sickersaftbildung (TS > 25%)
- schnelle Säurebildung (hoher Gehalt an leicht vergärbaren Kohlenhydraten)
- niedrige pH-Werte (keine Schimmelbildung, keine Vermehrung von Hefen)
- günstiges Säurespektrum für die Biogasproduktion
- hohe Verdichtung im Silo (geringe Atmungsverluste)

## Anmerkung

- Pflanzen mit hohem Wassergehalt machen Silierung in speziellen Tanksilos erforderlich, ermöglichen jedoch einfache automatische Fermenterbeschickung.

# Anforderungen an die Vergärung

---

- Gute anaerobe Abbaubarkeit der Substrate mit hoher Abbaugeschwindigkeit und hohen Methanerträgen
- Kurze hydraulische Verweilzeiten und hohe Raumbelastungen im Fermenter
- Gute Prozessstabilität durch ausreichende Versorgung mit Mikro- und Makronährstoffen
- Keine Hemmung der Methanbildung durch Bildung und Akkumulation toxischer Zwischenprodukte ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )
- Geringe Neigung der Substrate zur Bildung von schwimm- und Sinkschichten.

# Spezifischer Methanertrag verschiedener Stoffgruppen

<b>Stoffgruppe</b>	<b>Gasausbeute [l/kg oTR]</b>	<b>Methangehalt [Vol.-%]</b>
Kohlenhydrate	790	50
Proteine	700	71
Öle und Fette	1.250	68
Lignin	0	0



# Einfluss des C/N-Verhältnisses

---

- $C/N < 15:1$  Gefahr einer Hemmung der Methanbildung durch Bildung toxischer Ammoniak-Konzentrationen.
- $C/N > 40:1$  Unvollständiger C-Abbau durch Mangel an Stickstoff.

**C/N 20:1 bis 40:1**

**Ausgewogenes C/N-Verhältnis. Die Umsetzung der organischen Substanz wird nicht behindert.**

# Bedarf an Makronährstoffen

---

Neben Stickstoff gehören die Mineralstoffe Phosphor und Schwefel zu den wichtigsten essentiellen Nährstoffen.

**Ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis liegt bei folgendem Verhältnis der Makroelemente vor:**

<b>C:N:P:S</b>	<b>200:10:2:1 bis 400:10:2:1</b>
----------------	----------------------------------

# Hemmung durch Stickstoff und Schwefel

---

- Bei einem Überangebot an Stickstoff und Schwefel kommt es zur Hemmung des Abbauprozesses.
- Die am Abbau beteiligten Bakterien weisen eine hohe Adaptionfähigkeit auf, so dass keine exakten Grenzwerte beschrieben werden können.
- Eine Hemmung durch Ammonium ist bei Grenzkonzentrationen von 3-8 g  $\text{NH}_4^+$ /l (pH=7,5) zu beobachten.
- Schwefelwasserstoff ist toxisch und kann durch Ausfällung essentieller Spurenelemente auch indirekt den Abbauprozess hemmen.

# Erforderliche Mindestkonzentration an Spurenelementen

Spurenelement	Konzentrationsbereich [mg/l]
Eisen	1 - 10
Nickel	0,005 – 0,5
Kobalt	0,003 – 0,06
Molybdän	0,005 – 0,05

**Der Bedarf an den Elementen Nickel, Kobalt und Molybdän ist spezifisch für Methanbakterien.**

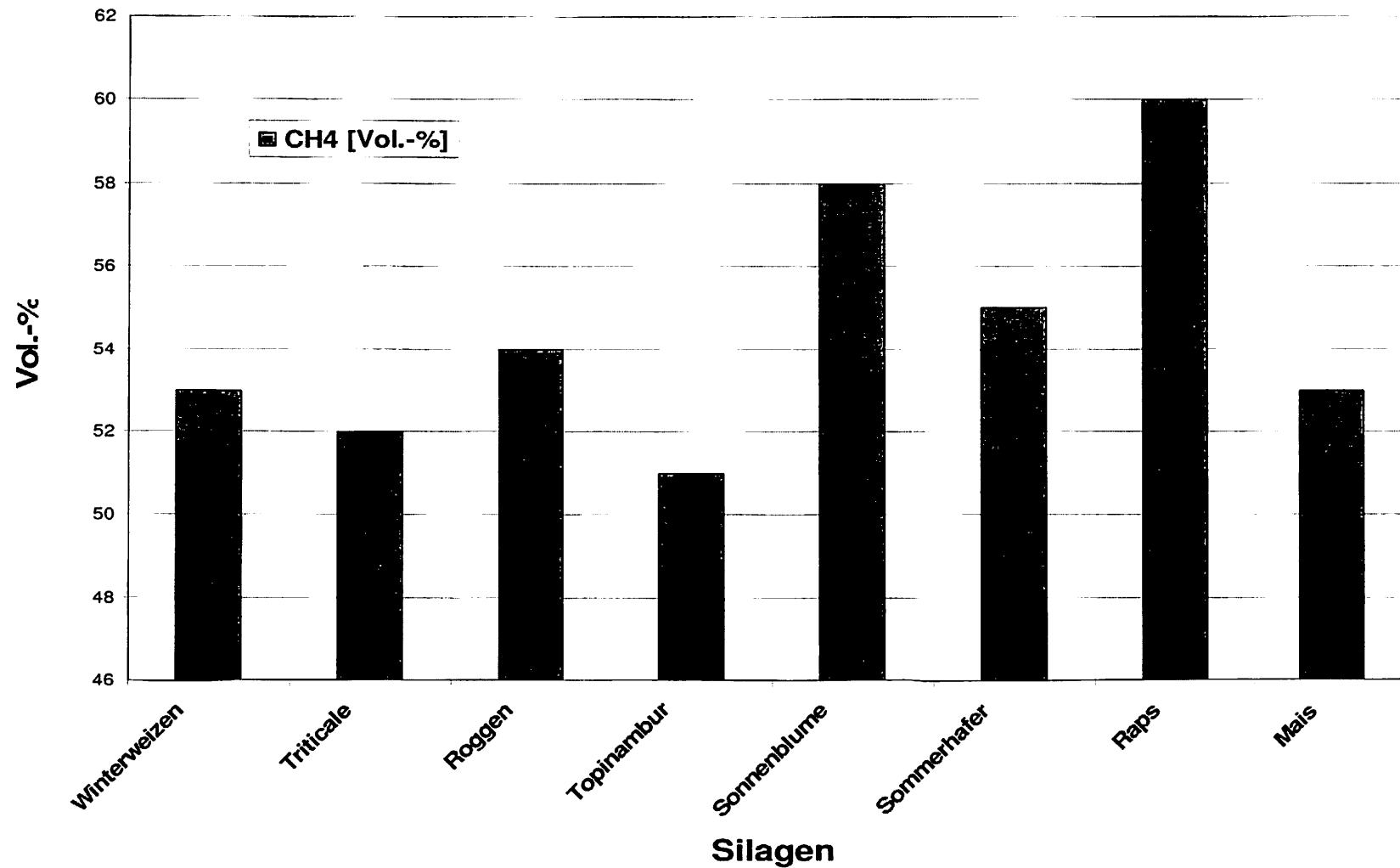
# Wirkung von Spurenelementen

---

- Die Spurenelemente sind nur in gelöster Form bioverfügbar.
- In Gegenwart von Schwefelwasserstoff werden die Spurenelemente ausgefällt und sind dann nicht mehr bioverfügbar.
- Die Bestimmung des Spurenelementgehalts der Pflanze ist daher nicht ausreichend, um Mangelerscheinungen festzustellen.
- Ein Mangel an Spurenelementen kann dazu führen, dass einzelne Bakteriengattungen ganz fehlen.
- Das Fehlen einzelner Bakteriengruppen führt in der Regel zur Verlangsamung des Abbauprozesses infolge Anreicherung von Zwischenprodukten.

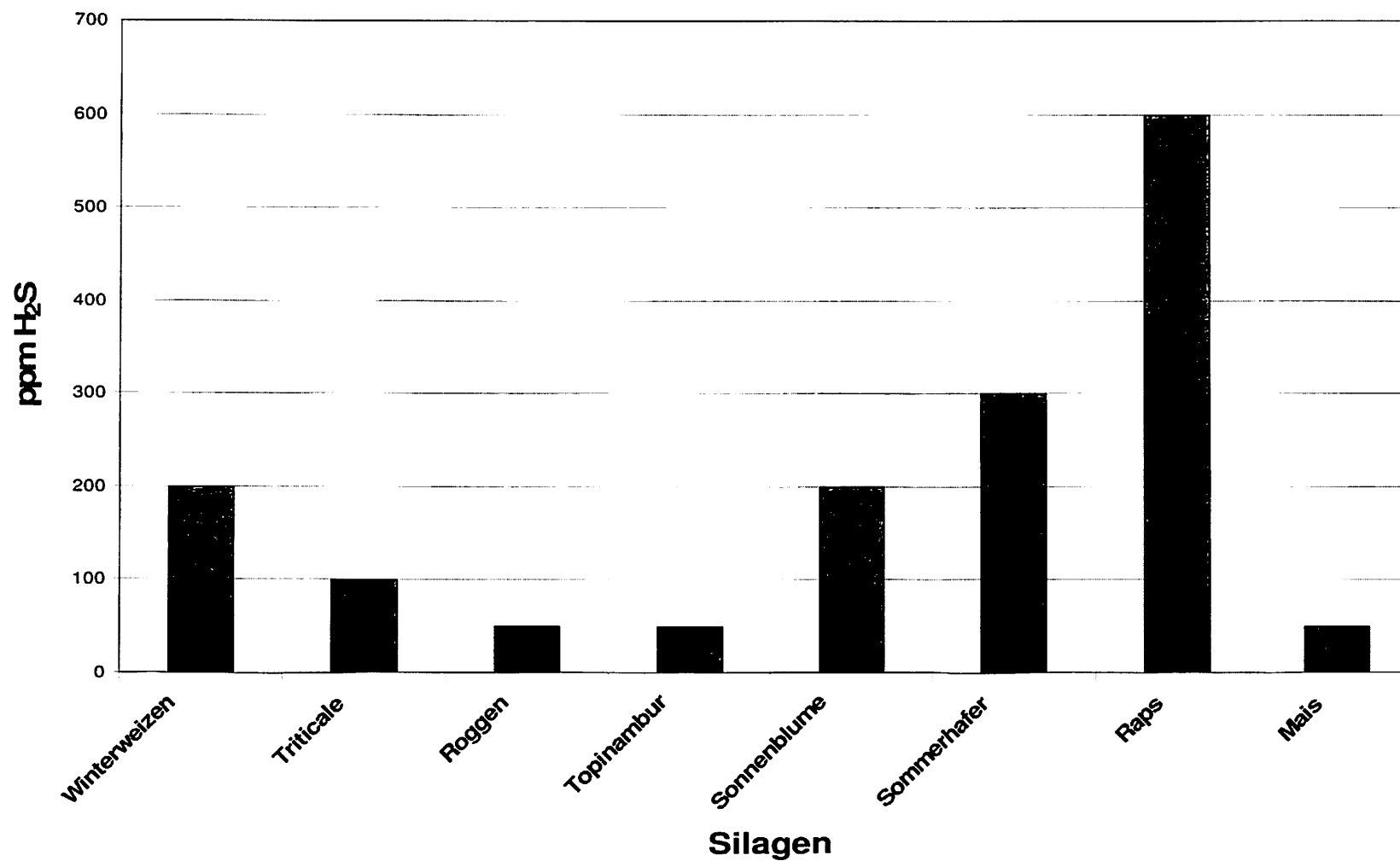
# CH<sub>4</sub>-Konzentration im Rohgas

Methankonzentrationen ausgesuchter Ganzpflanzensilagen



# H<sub>2</sub>S-Konzentration

Schwefelwasserstoffkonzentrationen ausgesuchter Ganzpflanzensilagen



# Anforderungen an neue Energiepflanzen

---

- **Hohe Hektarerträge bei geringem Einsatz von Betriebsmitteln (Dünger, PSM, Wasser)**
- **Geringe Lignifizierung zum Zeitpunkt der höchsten Massenerträge**
- **Hoher Gehalt an leicht verfügbaren Kohlenhydraten für schnelle Säurebildung (Silierung)**
- **Hoher Gehalte an Ölen und Fetten für hohe Methan-gehalte**
- **Geringe Gehalte an organischen Schwefelverbindungen**
- **Gehalt an Enzymen, die den hydrolytischen Abbau unter gezielten Prozessbedingungen beschleunigen**
- **Ausgewogenes Verhältnis an Mikro- und Makronährstoffen**