

---

# Short Term Training Bioenergy

## 生物能源短期培训

---

- Fundamentals of Biogas Production -  
沼气生产的基本原理



---

# Content内容

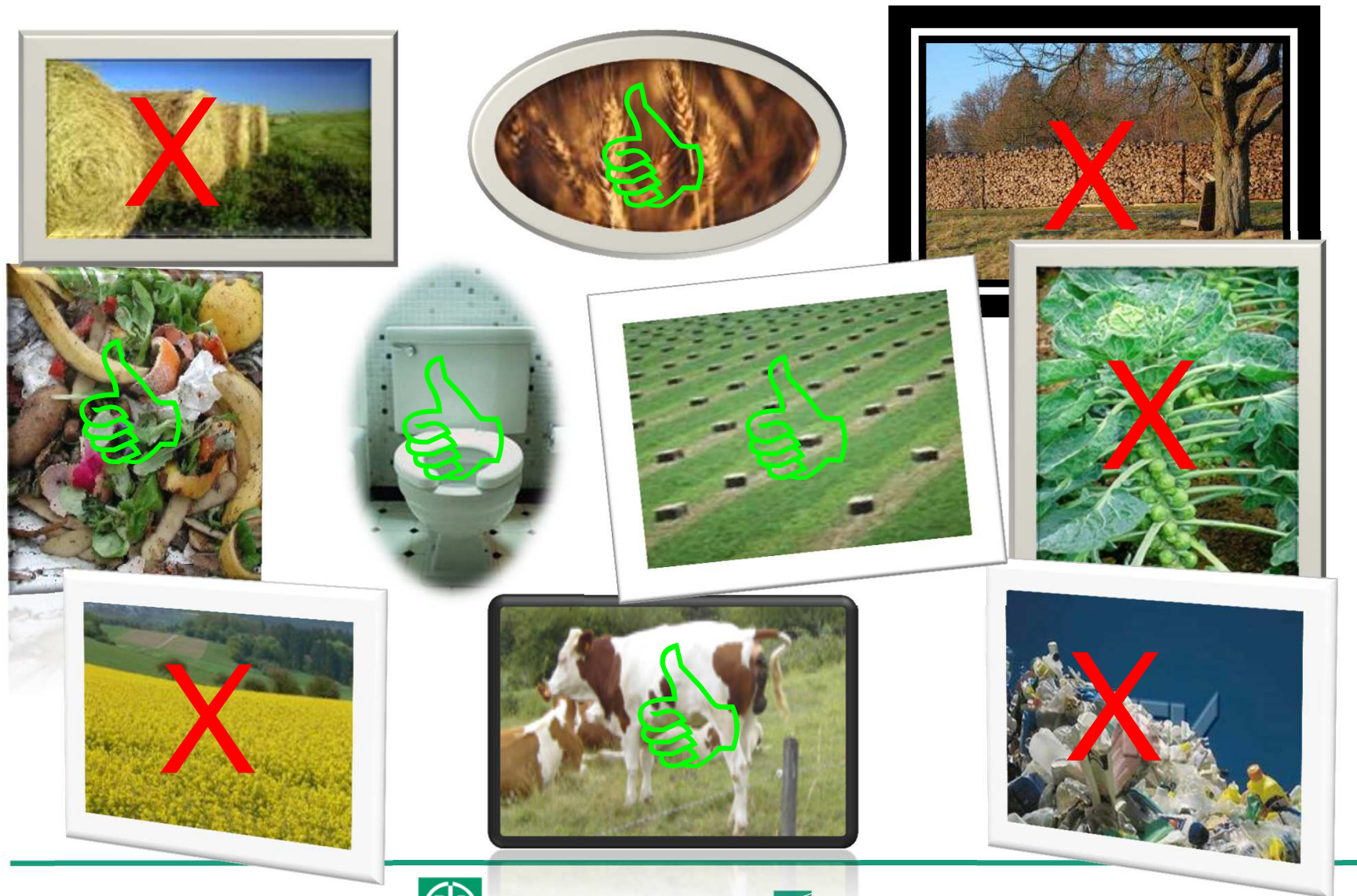
---

- Feedstock 原料
- Digestion 发酵
- Biogas 沼气
- Energy Production 能源生产/发电
- Digestate 沼渣沼液处理



沼气生产的原料：小麦秸秆、动物粪便。  
生产和生活垃圾不可以作为沼气生产的原料。具有较高经济价值的农作物不适宜用作沼气原料。

# Biogas Production - Feedstock



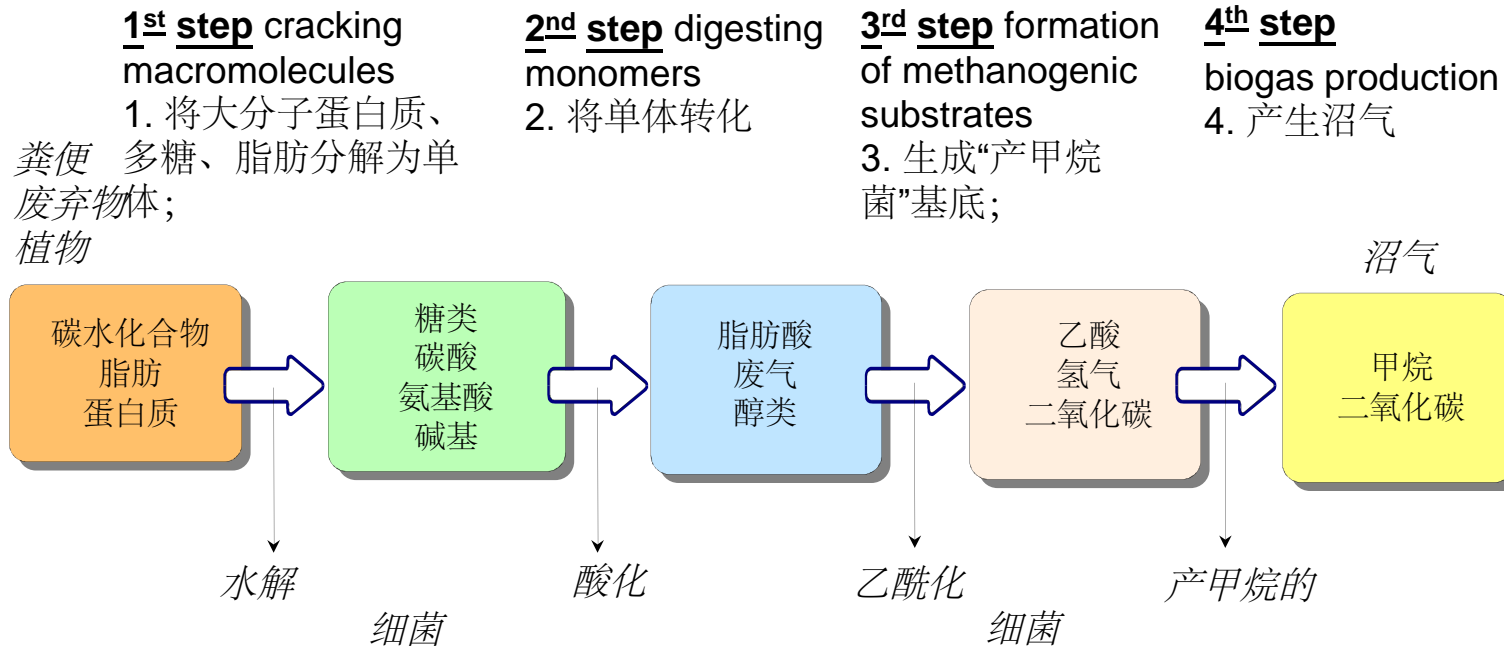
# Biogas Production – Feedstock Municipal Solid Waste

## 沼气生产——以城市生活固体废物为原料

- Feedstock: Organic fraction of municipal solid waste  
基底原料：城市生活固体废物的有机部分
- Impurities: Metal, plastics, stones ...沼气池常见杂质：金属、塑料、石头……
- Bunker 掩体（沼气池）
- Manual sorting out coarse matter (optional) 人工去除粗糙物质（可选）
- Crushing 原料粉碎
- Separation of metals 金属分离
- Sieving 筛化
- Removing inert particles 除去惰性颗粒
- Separation of inadequate components => waste !除去不合适成分——垃圾!

# Biogas Production - Digestion 沼气生产——发酵

Biological degradation of organic compounds in 4 steps:  
发酵的过程大致分为四步：



水解细菌把大分子变成小分子，产酸细菌把小分子转化成乙酸、氢气、二氧化碳，产甲烷菌将乙酸转化成甲烷

Different populations with partly contradicting ambience preferences  
Activity hampered by own metabolites

Ambient conditions in a digester are a compromise

不同的细菌在各自适宜的环境中才能更好的发挥功能。当他们处于沼气池中时，相互之间会被各自的代谢产物所抑制，因此必须找到一个合适的（或者说折中的）方法使他们都能发挥应有的功能。



# Biogas Production – Feedstock Benchmarks

## 沼气生产——基底原料评价标准

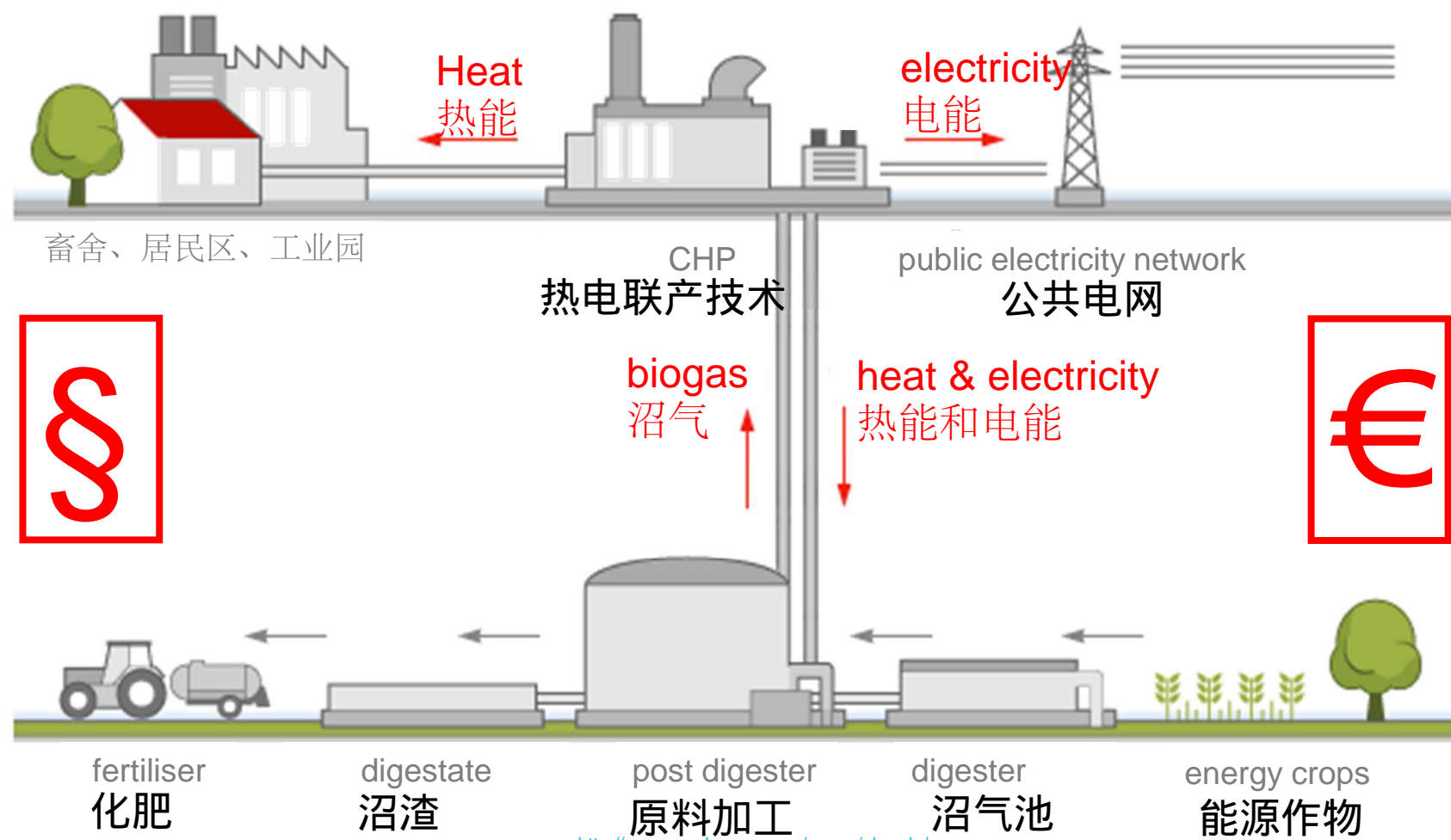
### Feedstock properties 原料特性:

- Fresh matter 原料 (FM) [kg]
  - Water content 水含量 (FM 占比%) [ $\text{kgH}_2\text{O}/\text{kgFM}$ ]
  - Dry matter 干重 (DM) [ $\text{kgDM}/\text{kgFM}$ ]
  - Organic dry matter 有机物净质量 (oDM) [ $\text{kg}_{\text{oDM}}/\text{kgFM}$ ]
  
  - Density substrate ( $\rho$ ) [ $\text{kg}/\text{L}$ ] ~ 1 原料密度
  - Specific gas yield 单位气体产出 ( $Y_{\text{Gas}}$ ) [ $\text{L}_{\text{Gas}}/\text{kg}_{\text{oDM}}$ , in]
  - Methane concentration 甲烷浓度 ( $c_{\text{CH}_4}$ ) [Vol.-%]
- Availability 可行性:
- Own premises 自身条件 [ $\text{to}_{\text{oDM}}/\text{ha} \cdot \text{a}$ ]
  - Delivery contracts 运输条件 [ $\text{to}_{\text{oDM}}/\text{a}$ ]



# Biogas Production – Scheme Biogas Plant

## 沼气生产——沼气工程示意图



source: [http://www.eon-bayern.com/pages/ebv\\_de/](http://www.eon-bayern.com/pages/ebv_de/)

Dienstleistungen/Waerme/Biogas/Biogasanlage\_Schwandorf



# Biogas Production – the Core

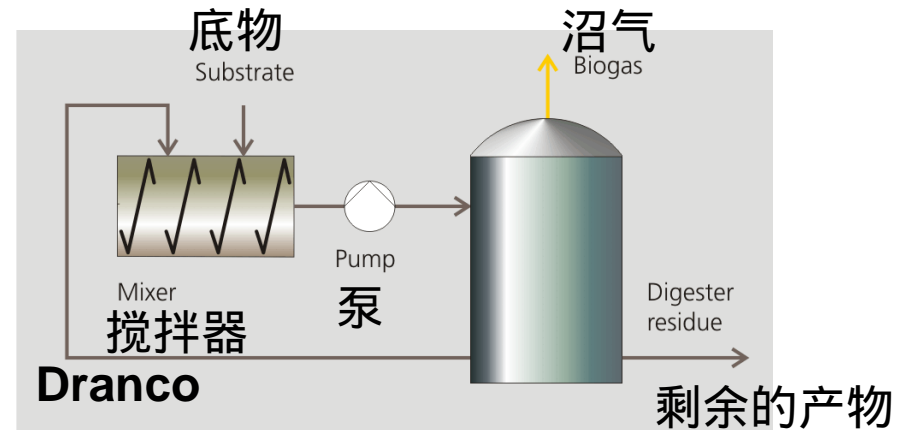
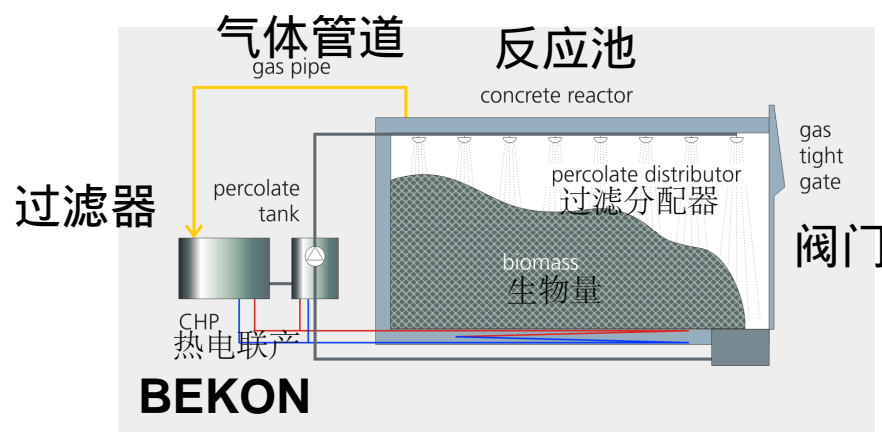
## 沼气生产——要点





# Biogas Production – the Core II

## 沼气生产——要点二



source: "Biogas", Top Agrar

### Dry Fermentation:

干式发酵:

- 1. 对含水量低的原料有利
- 2. 多个沼气池同时作业以保证沼气不断产生，保证沼气质量
- 3. 批量生产需要复杂的工序以防止爆炸发生
- 4. 更多人工（较少机械）来完成原料的投入和沼渣的排出
- 5. 干法发酵和湿法发酵结合更加有利

# Biogas Production - Digestion 沼气生产——发酵

## Benchmarks for biogas production

沼气生产标准:

- Usable volume digester 沼气池可用容积 ( $V_R$ ) [ $m^3$ ]
- Mass flow feedstock 基底原料的质量流量 ( $m'$ ) [ $kg_{FM}/d$ ,  $kg_{oDM}/d$ ]
- Dry matter feedstock 干重在底物中的比重 (DM) [ $kg_{DM}/kg_{FM}$ ]
- Dry matter in digester 干重在沼气池中的比重 (DM) [ $kg_{DM}/kg_{FM}$ ], 0.05-0.15
- Organic dry matter 有机干重 (oDM) [ $kg_{oDM}/kg_{FM}$ ], ~ 0,05
  
- Retention time 保留时间 ( $t_r$ ) [d], 20-100
- calculation 计算:  $t_r = V_R * \rho / m'$
- Minimum 20d 最少20天!
  
- Volume load 投入体积 ( $L_V$ ) [ $kg_{oDM}/(m^3_R * d)$ ], 1-20
- calculation 计算:  $L_V = m' * oDM / V_R$
- Maxima 最多: maize silage 玉米青贮料 3, manure 粪便 5, waste 废弃物 20  $kg_{oDM}/(m^3_R * d)$

**Always check both parameters!!**  
始终参考两项参数!!

# Biogas Production - Biogas

## 沼气生产——沼气

### Biogas Composition 沼气成分

气体成分

甲烷

二氧化碳

氮气

氧气

氢气

硫化氢



细菌可以产生硫单质，这种细菌可以吸收硫化氢

Elemental sulphur formed by bacteria which digest  $H_2S$

# 沼气生产——能量供应



# Biogas Production – Biogas Converters

## 沼气生产——沼气转换器

Micro gas-turbine  
微型燃气轮机

Pilot injection Diesel engine  
引燃喷射柴油发动机



# Biogas Production- Power

## 沼气生产 - 能量

### Benchmarks for energy production 能源生产标准:

■ Biogas production 沼气生产 ( $V'_{\text{Gas}}$ ) [ $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{d}$ ]

■ 计算:  $V'_{\text{沼气}} = m' \cdot \text{ODM} \cdot Y_{\text{沼气}}$

■ 能量总额 ( $P_{\text{总额}}$ ) [ $\text{kWh}/\text{d}$ ]

■ 计算:  $P_{\text{总额}} = V'_{\text{沼气}} \cdot C_{\text{CH}_4} \cdot H_{i,\text{CH}_4}$

■ *Net calorific value methane* 净热值甲烷  $H_{i,\text{CH}_4}$  10  $\text{kWh}/\text{m}^3_{\text{N}}$

■ 电能 ( $P_{\text{电力}}$ ) [ $\text{kW}$ ]

■ 计算:  $P_{\text{电力}} = P_{\text{总额}} \cdot \eta_{\text{电力}}$  / 0,9 用于柴油

■ *Electrical efficiency* 电效率 CHP 35-42%

■ 热能 ( $P_{\text{热力}}$ ) [ $\text{kW}$ ]

■ 计算:  $P_{\text{热力}} = P_{\text{总额}} \cdot \eta_{\text{热力}}$  / 0,9 用于柴油

■ *热效率* CHP 45-55%



# Biogas Production – Energy

## 沼气生产 - 能源

### Benchmarks for energy production 能源生产标准:

- Energy, electric 电能 ( $E_{\text{电能}}$ ) [ $\text{kWh}_{\text{el}}/\text{a}$ ]
- 计算:  $E_{\text{电能}} = P_{\text{电力}} * h_{\text{max}} - E_{\text{电能,辅助}}$
- *Full load hours* 满载时数 ( $h_{\text{max}}$ ) [ $\text{h}/\text{a}$ ]  $E_{\text{电能}}/P_{\text{电力}}$
- *Auxiliary power* 辅助电能 ( $E_{\text{电力,辅助}}$ ) [ $\text{kWh}_{\text{电}}/\text{a}$ ] ~ 3-15% of  $E_{\text{电能}}$   
辅助电能 (在生产沼气的过程中投入使用的电力)
  
- 热能 ( $E_{\text{热能}}$ ) [ $\text{kWh}_{\text{热力}}/\text{a}$ ]
- 计算:  $E_{\text{热能}} = P_{\text{热力}} * h_{\text{max}} - E_{\text{热能,辅助}}$
- *Full load hours* 满载时数 ( $h^{\text{max}}$ ) [ $\text{h}/\text{a}$ ]  $E_{\text{电能}}/P_{\text{电力}}$
- *Auxiliary power* 备用电源 ( $E_{\text{热能,辅助}}$ ) [ $\text{kWh}_{\text{热}}/\text{a}$ ] < 50% of  $E_{\text{热能}}$



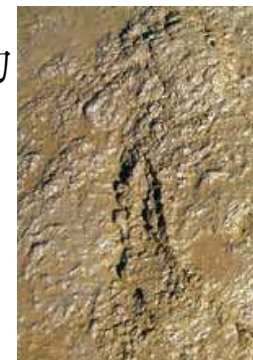
# Biogas Production – Digestate

## 沼气生产——沼渣沼液处理

- Utilization of digestate to be done preferably in the most cost effective way 沼渣的利用最好以最符合成本效益的方式来完成
- spreading on agricultural land most common method 将沼渣播撒在农田是最常用的手段

Power of biogas plant 沼气厂的电力 [kW <sub>el</sub> ]	Digester residue production 沼气池残渣生产 [t/a]	Application area 应用范围 [ha]
500	10 000	200
1 000	20 000	400
8 000	160 000	3 200

- Sometimes not possible to spread without any treatment because: 有时未经处理的发酵产物不适宜直接播撒在农田，原因为
  - The maximum allowable fertilizer concentration of the soil is reached 农田可以容纳的肥料总量是一定的。
  - Sanitation is necessary 须保持公共卫生
  - Too many heavy metals or other hazardous components 沼渣中可能包含大量的重金属或其他有害成分。



# Biogas Production – Digestate

## 沼气生产——沼渣沼液处理

### Essential objectives of digester residue treatment are:

沼气池废渣处理的基本目标是：

- Export of nutrients 将营养物质（化肥）排出
  - Saving storage and transport costs 节省运输和储存的花费
  - Selling treated products (fertilizers, compost, pellets) 销售加工后的产品（化肥、堆肥、制粒）
  - 减少对环境的影响
- 
- Pathogenic activation 病原体
  - Emission of pollutants 污染物的排放
  - Waste and waste water 废渣和废水
  - Odour 异味...



# Biogas Production – Digestate

## 沼气生产——沼渣沼液处理

### Digestate treatment – processes 沼渣处理——工序

机械加工	化学处理	热力学处理
Centrifugal separation 离心分离	Precipitation with 使用磷酸钙沉淀	Drying 烘干
Membrane separation 薄膜分离	Precipitation with MAP 使用 MAP 沉淀	Stripping ammonia 除去氨气
		Evaporation 气化

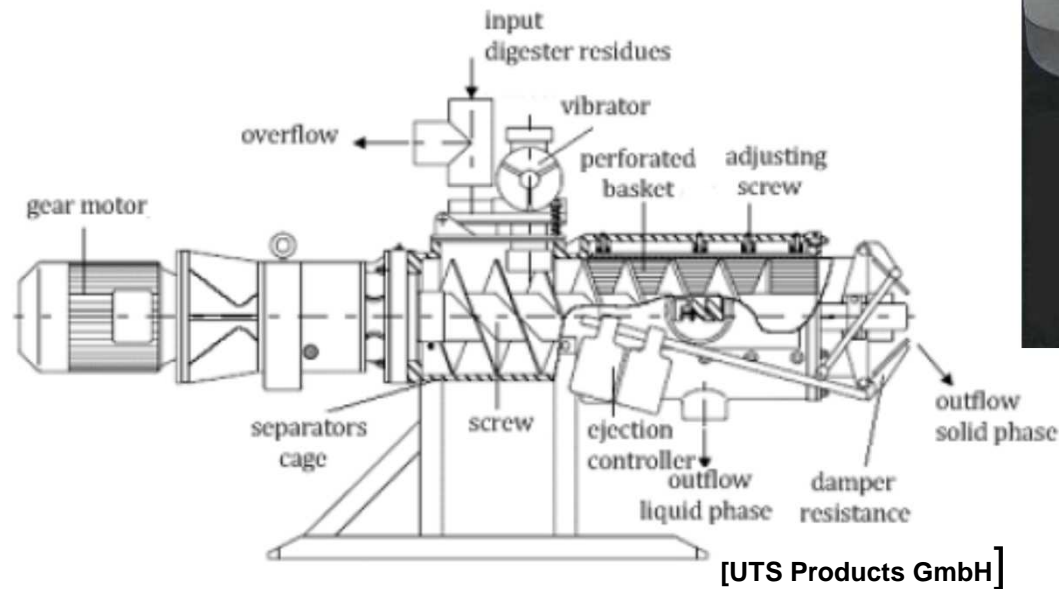




# Biogas Production – Digestate 沼气生产——沼渣沼液处理

## Screw press separator

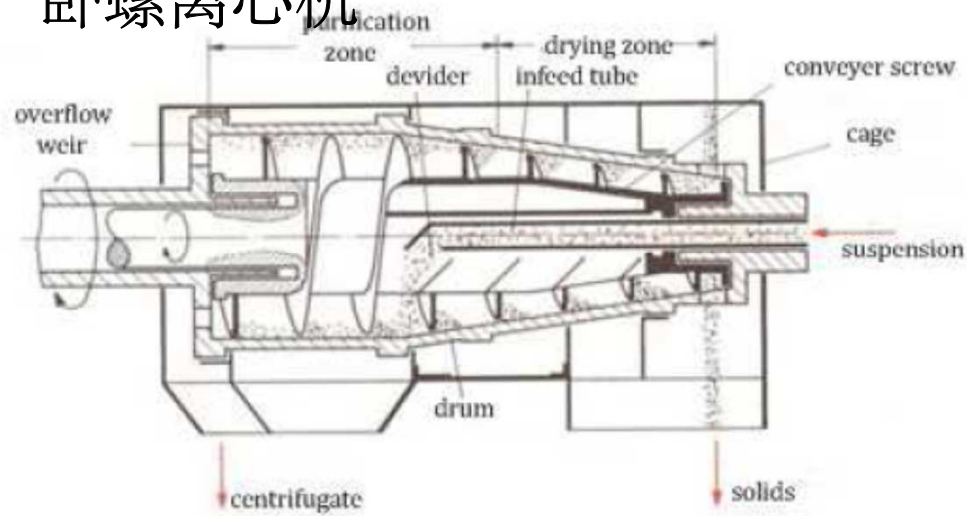
### 漩涡压力机分离器



# Biogas Production – Digestate 沼气生产——沼渣沼液处理

## Decanter centrifuge

### 卧螺离心机



Source: modified after HEMMING & WAGNER (2008)



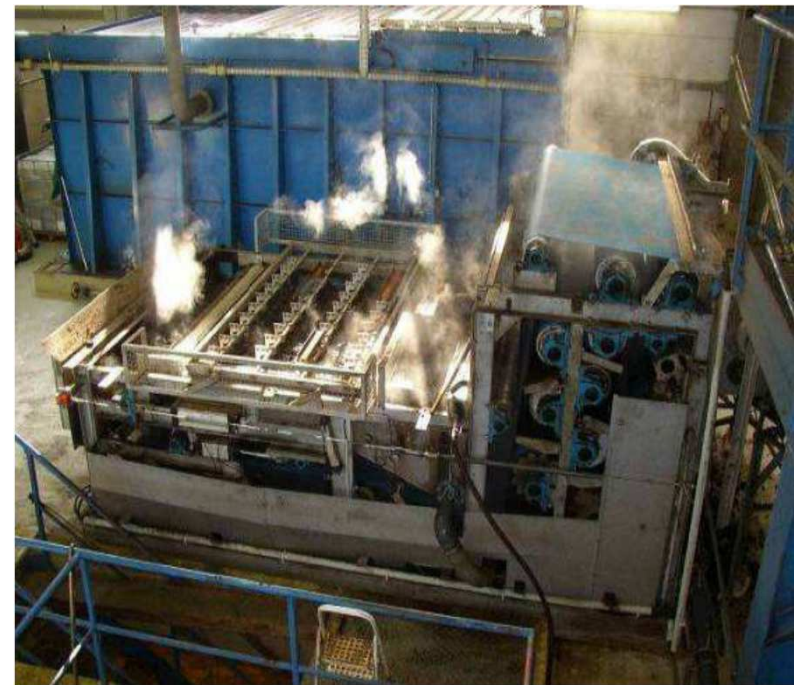
[Fa. Spaldek Oberflächentechnik GmbH]

# Biogas Production – Digestate 沼气生产——沼渣沼液处理

## Filter presses – Belt filter press 压滤机 - 带式压滤机



[Fa. Passavant Geiger GmbH]



[Fa. Passavant Geiger GmbH]



# Biogas Production – Digestate 沼气生产——沼渣沼液处理

## Ultra filtration process 超滤过程



# Biogas Production – Digestate 沼气生产——沼渣沼液处理

## Solar drying with the „electric mole“ 太阳能干燥——“电鼠车”



[Fa. Thermo-System Industrie - & Trocknungstechnik GmbH]



[Fa. Thermo-System Industrie - & Trocknungstechnik GmbH]



# Biogas Production – Digestate

## 沼气生产——沼渣沼液处理

### Drum drier 鼓状干燥器



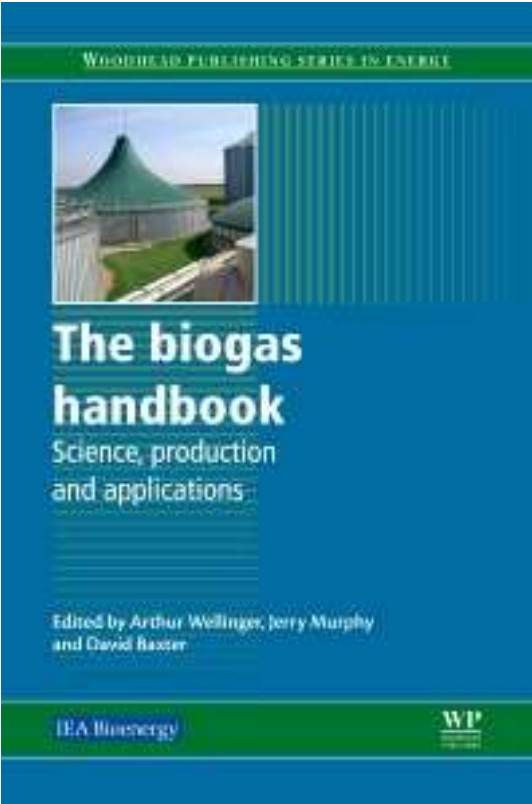
[Fa. Dörfler GmbH]



[Fa. Dörfler GmbH]

# Biogas Production – supplementing information

## 沼气生产——补充材料



Urban waste for biomethane grid injection and transport in urban areas

Project No: IEE/10/251



**Good practice projects  
for biogas production from waste, upgrading and  
utilization**



WP 2 – Task 2 / D 2.2  
September 2011



**Sustainable Heat Use  
of Biogas Plants**  
*A Handbook*

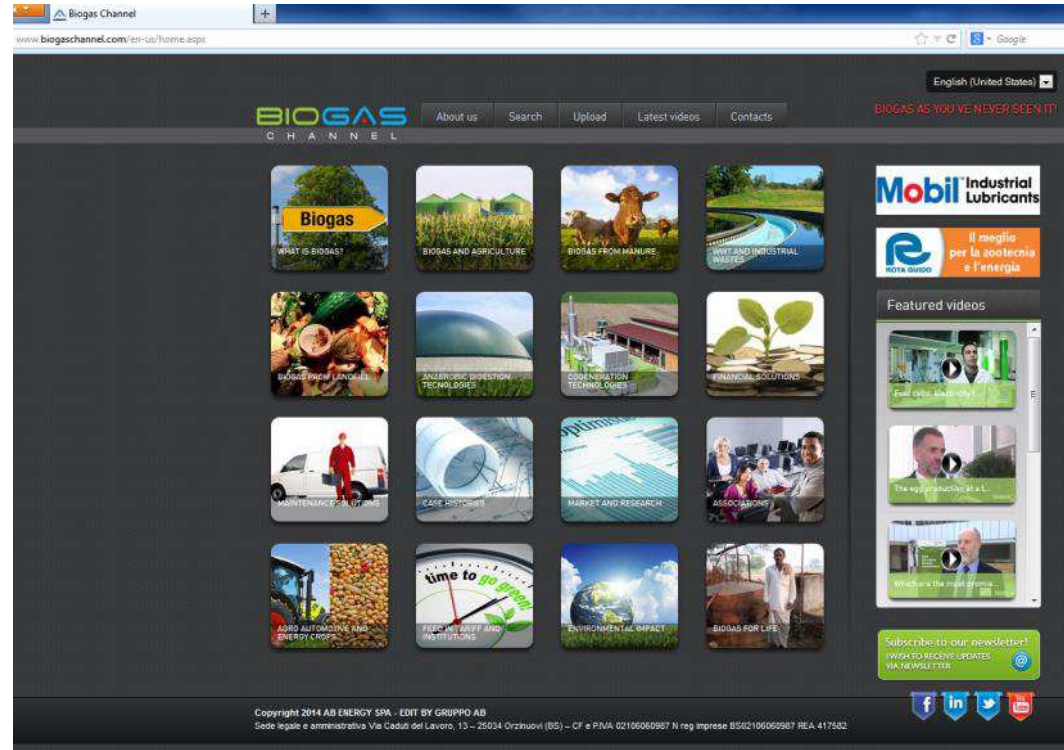
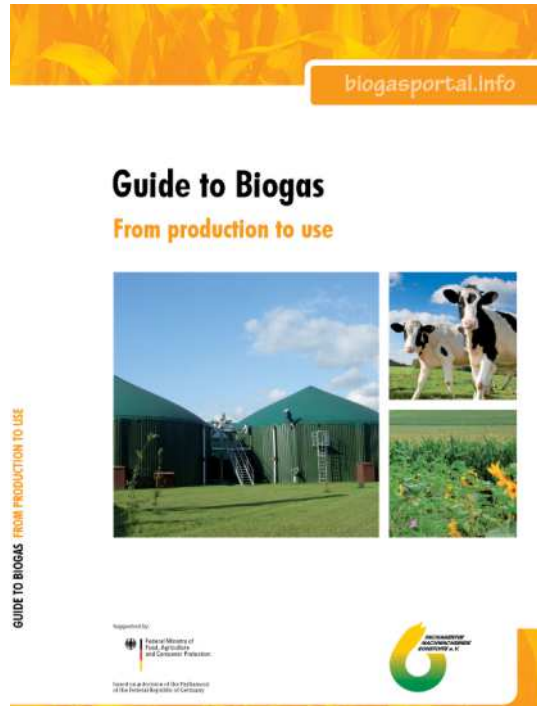


BIOGASHEAT



# Biogas Production – supplementing information

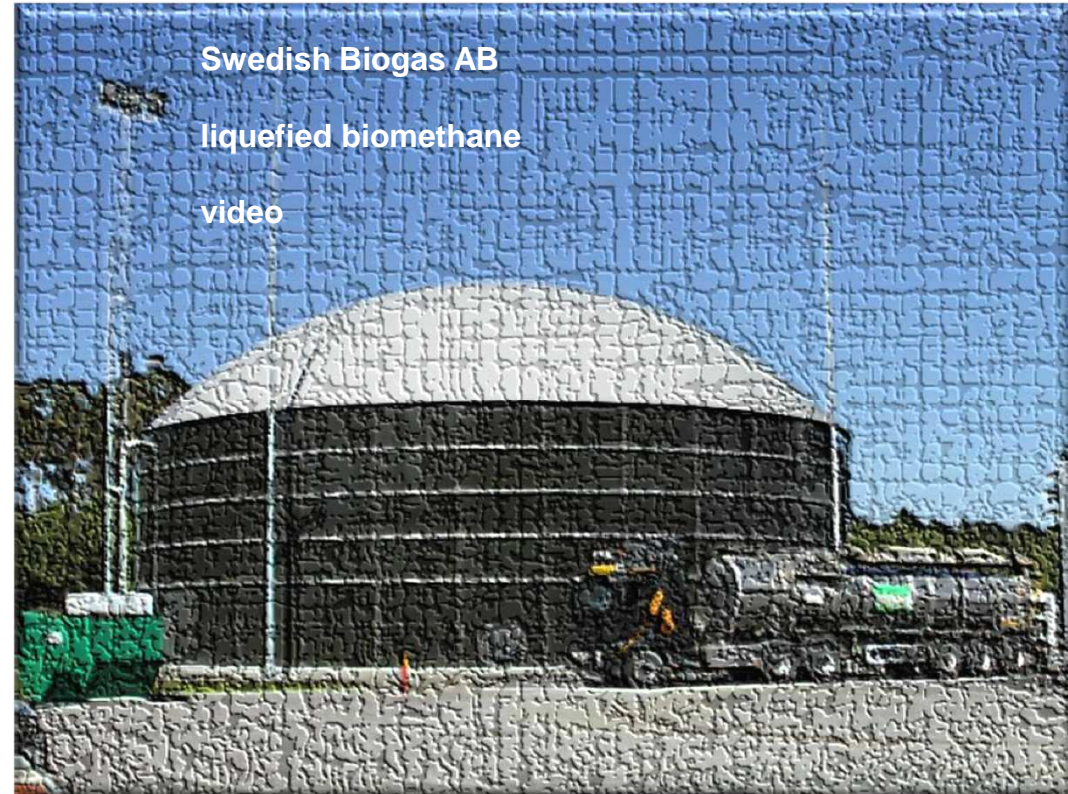
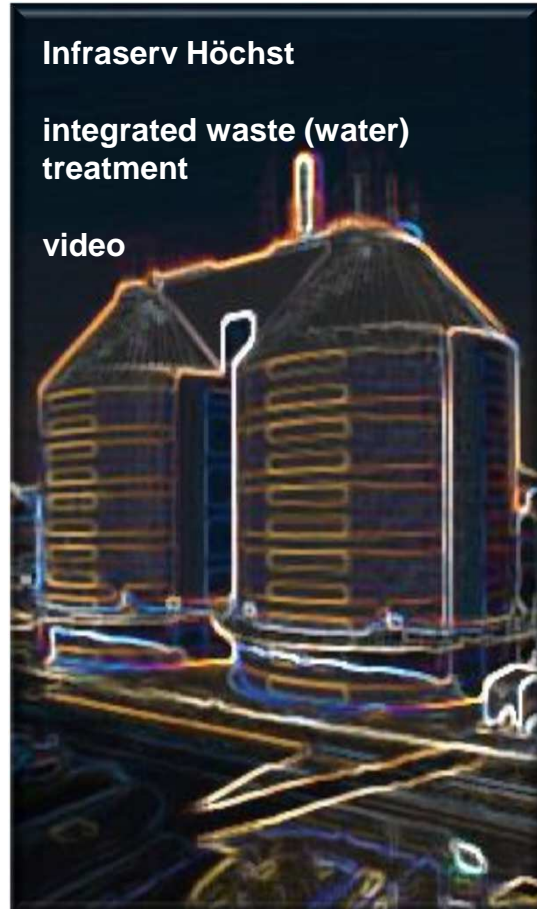
## 沼气生产——补充材料



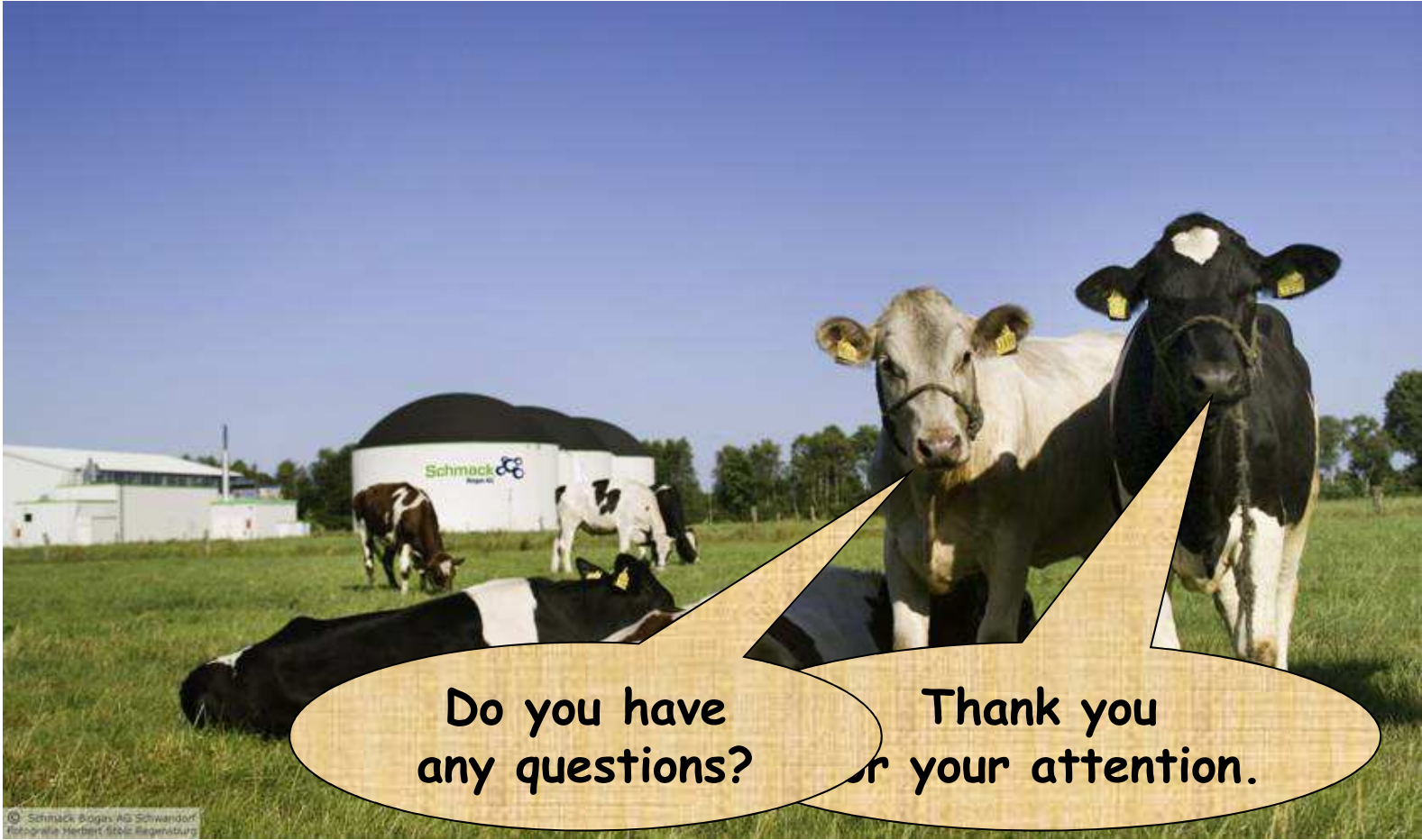


# Biogas Production – supplementing information

## 沼气生产——补充材料



# Short Term Training Biogas 沼气短期培训





# Short Term Training Biogas

## 沼气短期培训

Contact:

Uwe Hoffstede

Fraunhofer IWES

Division Bioenergy System Technology

Königstor 59

34 119 Kassel, Germany

[www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)

