Build up of the Practical and Design Samples

实践和设计样例

Torsten Fischer and Dr. Katharina Backes

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH
Bertha-von-Suttner-Strasse 9, 37085 Göttingen
Tel.: ++49 551 900 363-0, Fax: ++49 551 900 363-29
Fischer@KriegFischer.de
www.KriegFischer.de

China, Beijing
November 24, 2009

Building up a biogas plant
生物气工厂的构建

Planning of a biogas plant
生物气工厂的规划

⇒ Type and consistence of input substrate
底物的类型和浓度

⇒ Amount of input substrate per year
每年提供的底物量

⇒ Local circumstances
当地的条件

⇒ Heat usage
热的利用

⇒ Pre treatment, pasteurisation
预处理，灭菌

⇒ Automation level
自动化水平

Compiling a biogas plant
生物气工厂的构建

Planning of a biogas plant
生物气工厂的规划

⇒ Calculation of biogas amount
生物气量的计算

⇒ Size of digester
发酵罐的尺寸

⇒ Size of engine
发动机的尺寸

⇒ Flow sheet
流程图

⇒ Site layout
工地布置

⇒ Estimate of costs
费用预算

Energy Calculation I (Example)
能量核算 1（样例）

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Input:	输入：	
Potato Raw Material	土豆原材料	97.610 t/a
Starch	淀粉	4.495 t/a
Oil	油	636 t/a
Potato Sludge	土豆泥浆	6.583 t/a
Sum	总计	109.324 m³/a

Total Solids:	总固体：	
Potato Raw Material	土豆原材料	20,0 % Input
Starch	淀粉	60,0 % Input
Oil	油	100,0 % Input
Potato Sludge	土豆泥浆	30,0 % Input
Sum	总计	22,7 % Input

Volatile Solids:	挥发性有机固体：	
Potato Raw Material	土豆原材料	90,0 % TS
Starch	淀粉	90,0 % TS
Oil	油	95,0 % TS
Potato Sludge	土豆泥浆	90,0 % TS

Energy Calculation II (Example)
能量核算 II （样例）

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Hydraulic Retention Time	水力停留时间	**41,7 days**
Digester Volume (net)	发酵罐体积（净的）	**12.500 m³**
Organic Load Rate	有机负荷	**4,9 kgVS/m³/d**
Specific Gas Production Rate:	特殊气产率：	
Potato Raw Material	土豆原材料	600 m³/t VS
Starch	淀粉	600 m³/t VS
Oil	油	1.000 m³/t VS
Potato Sludge	土豆泥浆	700 m³/t VS
Biogas Production:	生物气产量：	
Potato Raw Material	土豆原材料	10.541.880 m³/a
Starch	淀粉	1.456.380 m³/a
Oil	油	604.200 m³/a
Potato Sludge	土豆泥浆	1.244.187 m³/a

Energy Calculation III (Example)
能量核算 III （样例）

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Methane Content:	甲烷量：	
Potato Raw Material	土豆原材料	58 %
Starch	淀粉	60 %
Oil	油	65 %
Potato Sludge	土豆泥浆	62 %
Sum	总计	59 %
Calorific Value:	热值	5,9 kWh/m³
Biogas Production:	生物气产量	13.846.647 m³/a
		1.581 m³/h
Biogas Power:	生物气发电	9.306 kW
Engine Power (installed) (3 Gas Engines)	发动机功力（已安装）（3个）	10.500 kW
Engine Power (electric)	发动机功力（电）	4.200 kW
Produced Energy (electric)	产能（电）	32.608.977 kWh/a
Engine Power (thermal)	发动机功力（热）	5.250 kW
Produced Energy (thermal)	产能（热）	40.761.222 kWh/a

Mass Balance I (Example)
物质核算I （样例）

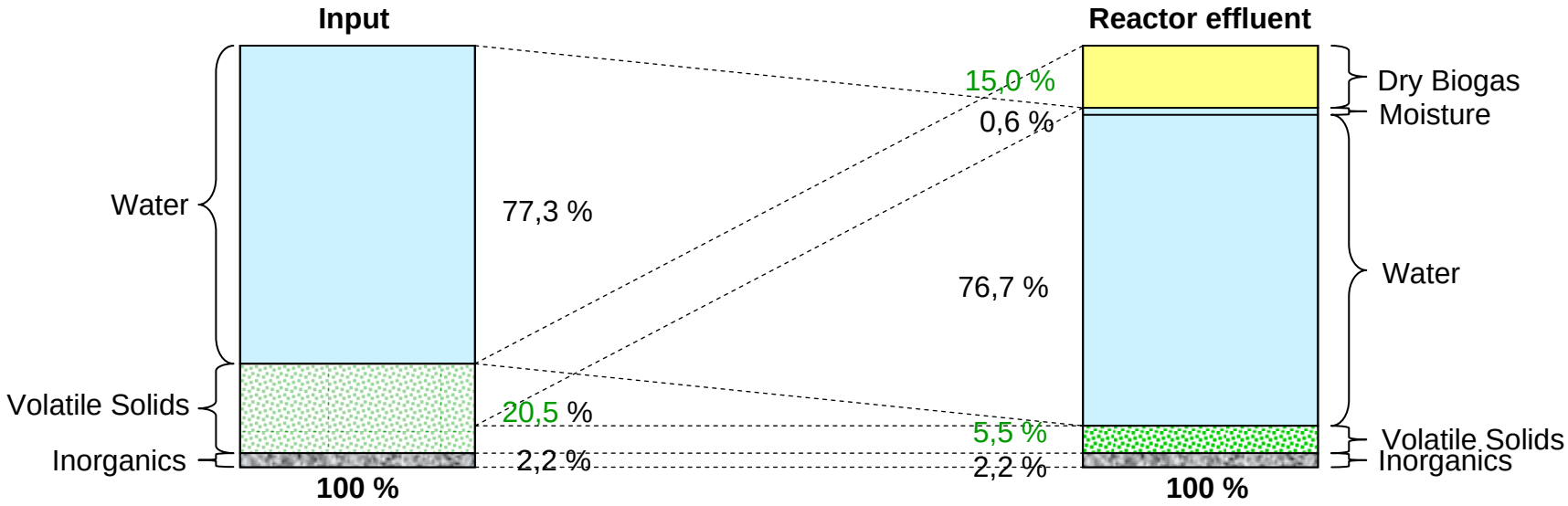
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Input		Starch	Oil	Raw Potato	Sludge	Total
Input (t/a)		4.495	636	97.610	6.583	**109.324**
Input (t/d)		12,32	1,74	267,42	18,04	299,52
Total solids (%)		60,0%	100,0%	20,0%	30,0%	**22,7%**
Total solids (t/a)		2697,0	636,0	19522,0	1974,9	24829,9
Total solids (t/d)		7,4	1,7	53,5	5,4	68,0
Volatile solids (% TS)		90,0%	95,0%	90,0%	90,0%	**90,1%**
Volatile solids (t/a)		2.427	604	17.570	1.777	22.379
Volatile solids (t/d)		6,7	1,7	48,1	4,9	61
Water (t/a)		1.798	0	78.088	4.608	84.494
Water (t/d)		5	0	214	13	231
spec. Gas Production rate (m³/t VS)		600	1.000	600	700	
(dry gas, Normal conditions	1,18 kg/m³					
Biogas						
Gas production (m³/a)		1.456.380	604.200	10.541.880	1.244.187	13.846.647
Gas production (m³/d)		3.990	1.655	28.882	3.409	37.936
Gas production (t/a)		1.719	713	12.439	1.468	16.339
Gas production (t/d)		4,71	1,95	34,08	4,02	44,76
Water content:	4%	69	29	498	59	654
Wet Gas 37°C (t/a)		1.787	741	12.937	1.527	16.993
Wet Gas 37°C (t/d)		4,90	2,03	35,44	4,18	46,56

Mass Balance II (Example)
物质核算II （样例）

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Reactor effluent						
Total solids (t/a)						8.491
Total solids (t/d)						23
Volatile solids (t/a)						6.040
Volatile solids (t/d)						17
Water (t/a)						83.841
Water (t/d)						230
Output (t/a)				6 Monate:	46.166	92.331
Total solids (%)						9,2%



Organic Loading Rate
有机负荷率

The organic loading rate (OLR) is the daily amount (d) of volatile solids (kg VS) per digester volume (m^3).

有机负荷率（OLR）是指每天每单位发酵罐体积(m^3)的挥发性固体量(kg VS)。

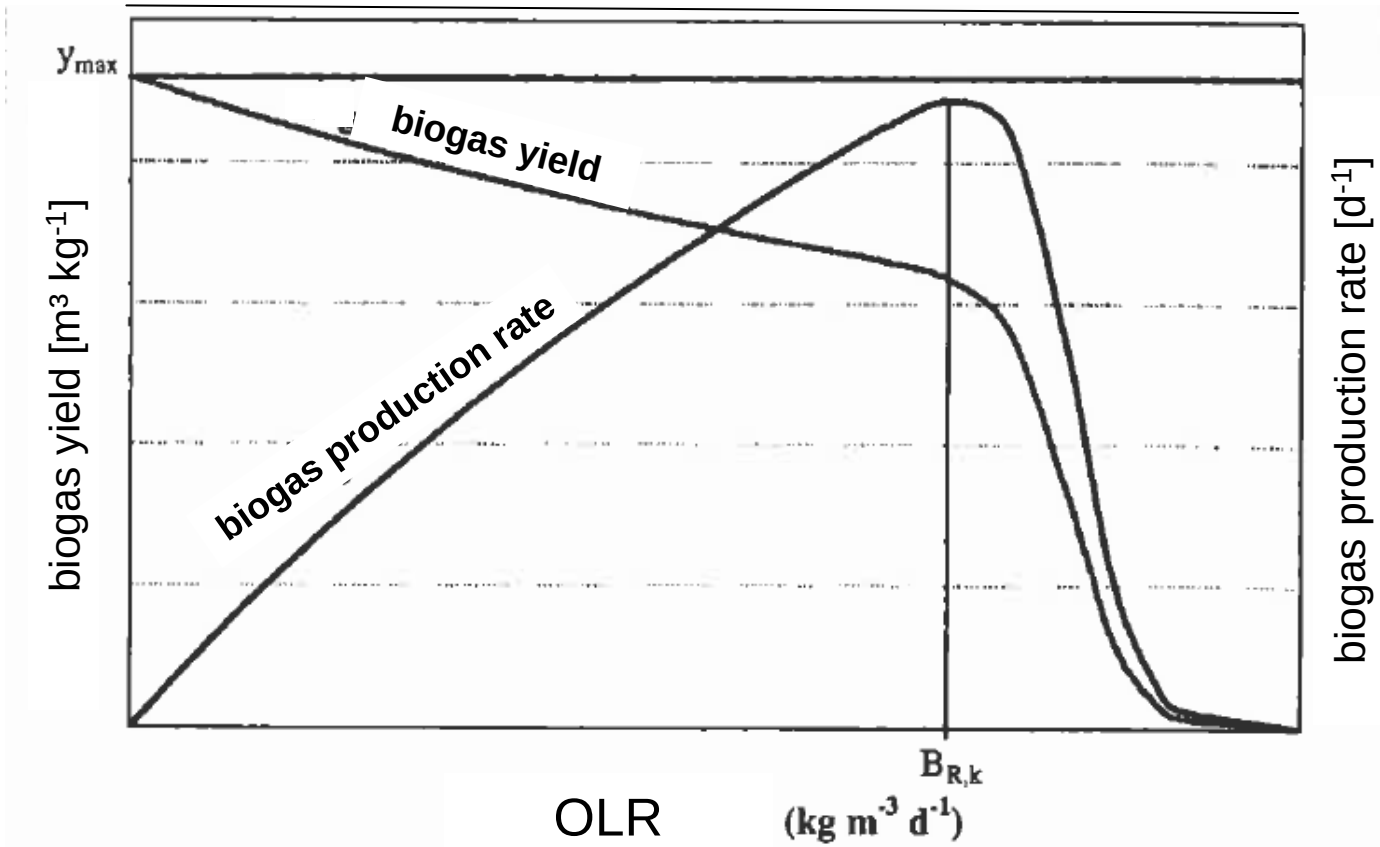
OLR = VS * V $^{-1}$* t^{-1} [kg* **m**$^{-3}$ * d^{-1}]

The organic loading rate should be in between 3 to 5 kg VS *m^{-3} * d^{-1}

有机负荷率在3 到 5 kg VS *m^{-3} * d^{-1}

Organic Loading Rate (OLR)
有机负荷率(OLR)

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



Biogas yield and biogas production rate depending on the organic loading rate (source:Pia Mähnert; Kinetik der Biogasproduktion; 2008)
生物气产量和生物气产率与有机负荷率关系

Hydraulic Retention Time
水力停留时间

- The **Hydraulic retention time** (**HRT**) is a measure of the average length of time that the substrate remains in a digester.

  水力停留时间（HRT）是底物存留在发酵罐里的平均时间
- HRT = Volume of digester/Volume of substrate (flowrate) HRT = V [m³]/ t FG [m³/Tag]

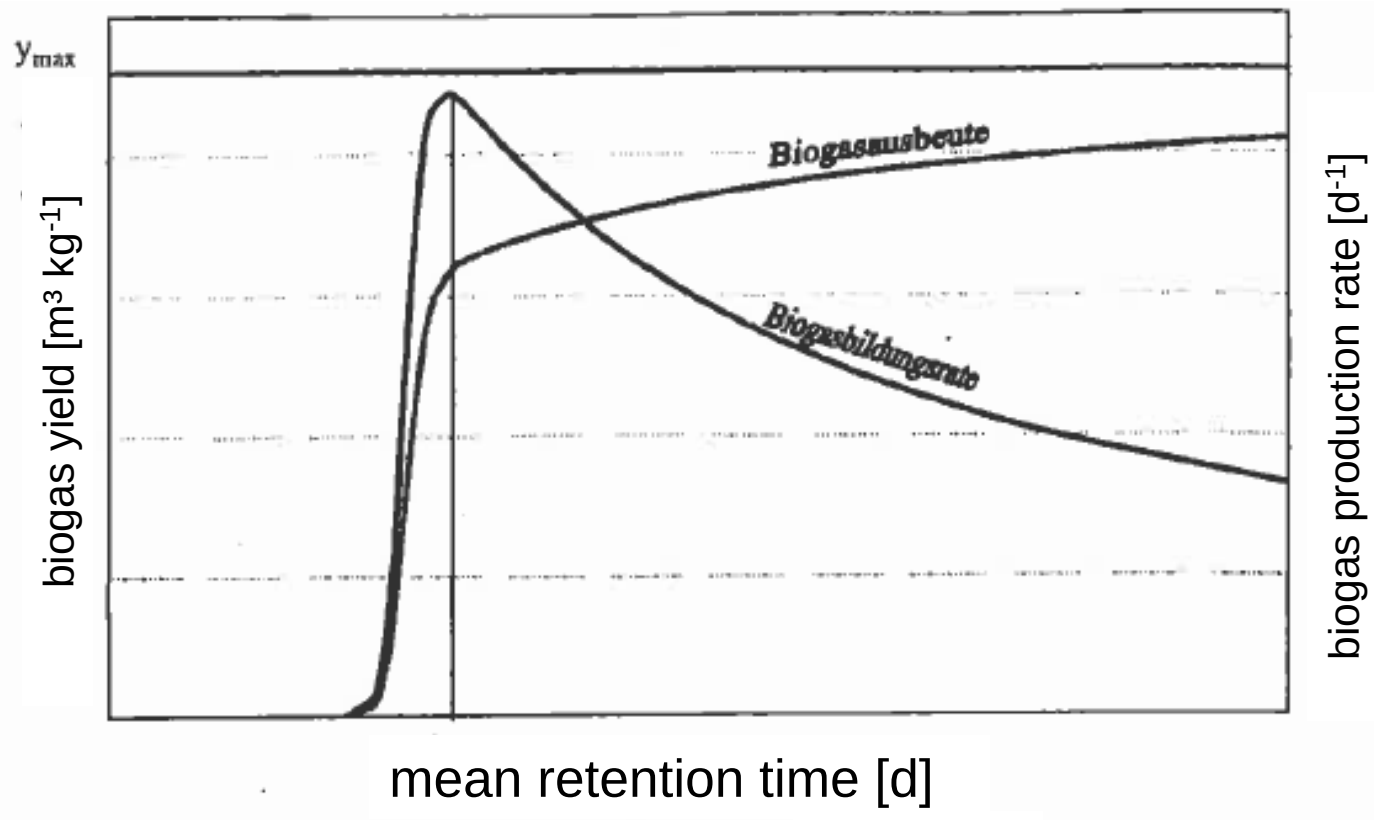
  HRT= 发酵罐体积/ 物质体积（流速）

- The optimum retention time depends on the degradability of the substrate

  根据物质降解率而制定的最优停留时间

Hydraulic Retention Time
水力停留时间

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



Biogas yield and biogas production rate depending on the mean retention time t_m

(source: Pia Mähnert; Kinetik der Biogasproduktion; 2008)

生物气产量和生物气产率与平均停留时间t_m的关系

Task 1: Energy Calculation
任务1： 能量计算

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	含脂肪泥浆	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a

Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9 0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	?) % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 % Input

What is the dry matter content of the mixture?

什么是混合物的干物质含量？

Task 2: Energy Calculation
任务2： 能量计算

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	脂肪	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a
Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9,0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	20,0 % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 % Input
Volatile Solids:	挥发性固体：	
Cattle Manure	牛粪	82,0 % TS
Kitchen Waste	厨房垃圾	88,0 % TS
Fats	脂肪	85,0 % TS
Hydraulic Retention Time	水解停留时间	**?**
Digester Volume (net)	发酵罐体积	**?**
Organic Load Rate	有机负荷率	**3,5 kgVS/m³/d**

What is the volume of the digester? (Given in m³)

How long is the hydraulic retention time? (Given in days)

什么是发酵罐体积(m³)？ 水力停留时间（天）？

Task 3: Energy Calculation
任务3： 能量计算

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	脂肪泥浆	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a
Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9,0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	20,0 % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 % Input
Volatile Solids:	挥发性固体：	
Cattle Manure	牛粪	82,0 % TS
Kitchen Waste	厨房垃圾	88,0 % TS
Fats	脂肪	85,0 % TS
Specific Gas Production Rate:	特殊气产率：	
Cattle Manure	牛粪	250 m³/t VS
Kitchen Waste	厨房垃圾	700 m³/t VS
Fats	脂肪泥浆	1000 m³/t VS

What is the total biogas production rate per hour?

什么是每小时总生物气产量？

Task 4: Energy Calculation
任务4： 能量计算

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Biogas Production:	气体产量：	
Cattle Manure	牛粪	369.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	1.232.000 m³/a
Fats	脂肪	637.500 m³/a
Methane Content:	甲烷气含量：	
Cattle Manure	牛粪	63 %
Kitchen Waste	厨房垃圾	60 %
Fats	脂肪	60 %
Sum	总计	60 %
Calorific Value:	热值	6,0 kWh/m³
Biogas Production:	生物气产量	2.238.500 m³/a
		256 m³/h
Biogas Power:	生物气发电	1.546 kW

What is the optimum size of the engine?

什么是发动机的最佳型号？

Task 5: Energy Calculation
任务5： 能量计算

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Biogas Production:	生物气体产量：	
Cattle Manure	牛粪	369.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	1.232.000 m³/a
Fats	脂肪	637.500 m³/a
Methane Content:	甲烷含量：	
Cattle Manure	牛粪	63 %
Kitchen Waste	厨房垃圾	60 %
Fats	脂肪	60 %
Sum	总计	60 %
Calorific Value:	热值：	6,0 kWh/m³
Biogas Production:	生物气产量	2.238.500 m³/a
		256 m³/h
Biogas Power:	生物气发电	1.546 kW
Engine Power (installed) (1 Gas Engine)		1.645 kW
Engine Power (electric)	发动机功力（已安装）（1气体发动机）：	625 kW
Produced Energy (electric)	发动机动力（电）	5.145.846 kWh/a

What is the produced electric energy per year?

什么是每年的产电量？

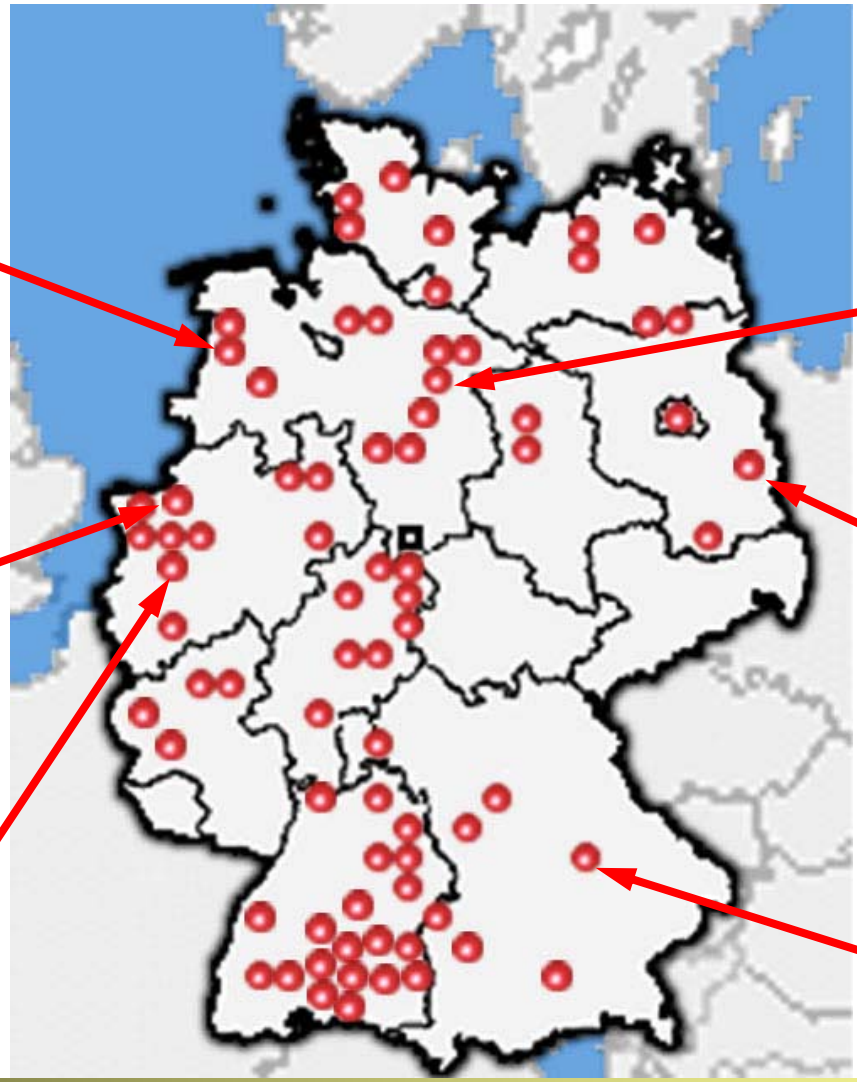
References – Examples
参考—举例

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Central Biogas Plant

Energy Crop Biogas Plant

Kitchen Waste Digestion



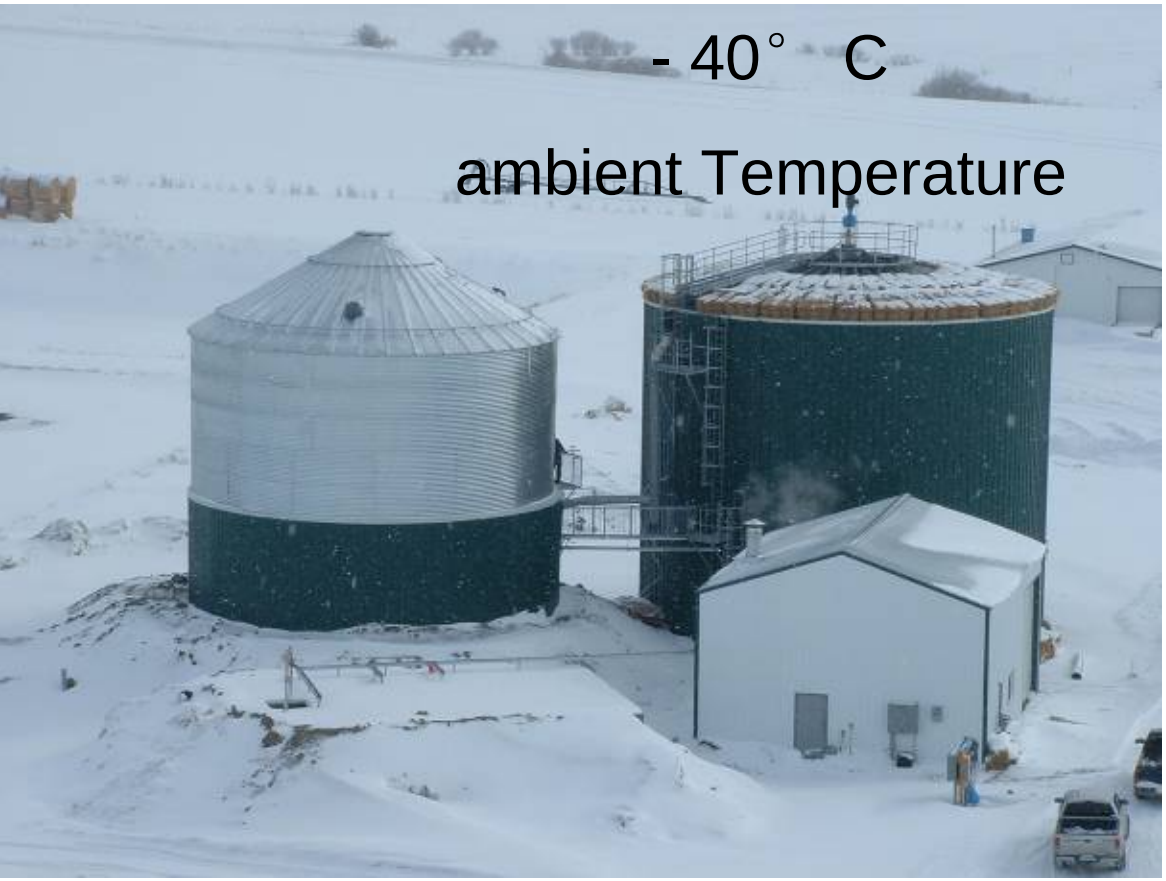
Potato Residue Digestion

Energy Crops with Cattle Manure

Biowaste Digestion


WERLTE
90,000 m³/a manure
20,000 m³/a fats

Sakatoon, Saskatchewan, Canada 加拿大



- built: 2003 2003年建
- substrate: pig manure, potatoes 底物：猪粪，土豆
- digester: 2,000 m³, steel tank
  发酵罐：2,000 m³, 钢罐
- CHP: 4 x 30 kW_e microgasturbines
  热电厂： 4 x 30 kW_e 气体涡轮机
- designed for low outside temperature
  为外部低温条件而设计
  - special design: gas holder in a tank (left tank)
    特殊设计： 气体收集罐（左侧）
  - special building material for gas holder roof and insulation
    气体收集装置保温顶采用特殊材料

France, Noyon 法国

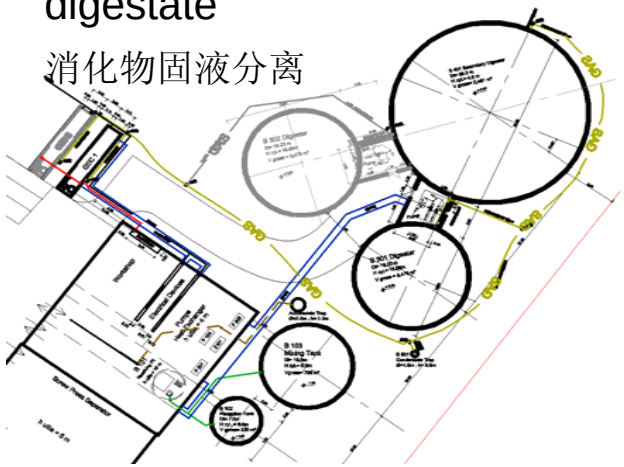
- Substrate: 40,000 t/year fluid and solid organic waste and sludge

  物质： 40,000 t/年固体和液态的废物和污泥
- Digester: steel tank 3,479 m³

  发酵罐：钢罐3,479 m³
- Gas engine: 716 kW

  气体发动机：716 kW
- Solid-fluid separation of the digestate

  消化物固液分离



Japan, Hokkaido 日本

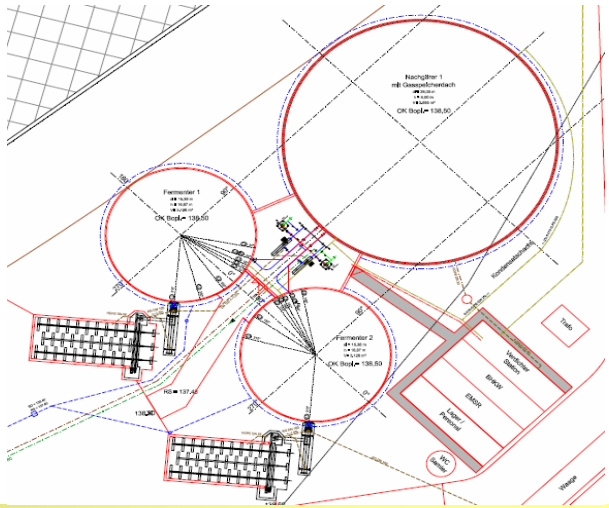
Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Seismic Zone IV

- Input: manure, co-fermentation
  底物：粪便， 混合发酵
- Digester: steel tank, glass coated,1,500 m³
  发酵罐：钢罐，玻璃层，1,500 m³
- Gas holder roof above 450 m³ secondary digester + external Gas Holder
  气体收集器顶部体积450 m³ 二级发酵和外部气体收集器
- Diesel gas engines: 3 x 65 kW_{el}
  柴油机气体发动机：3 x 65 kWel

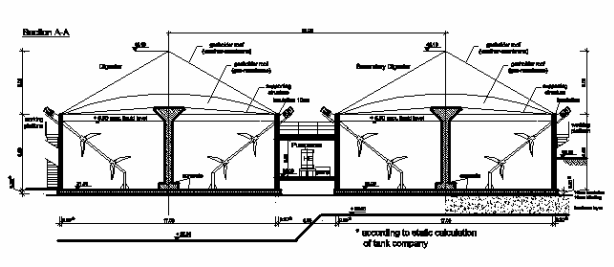
Germany, Falkenstein 德国

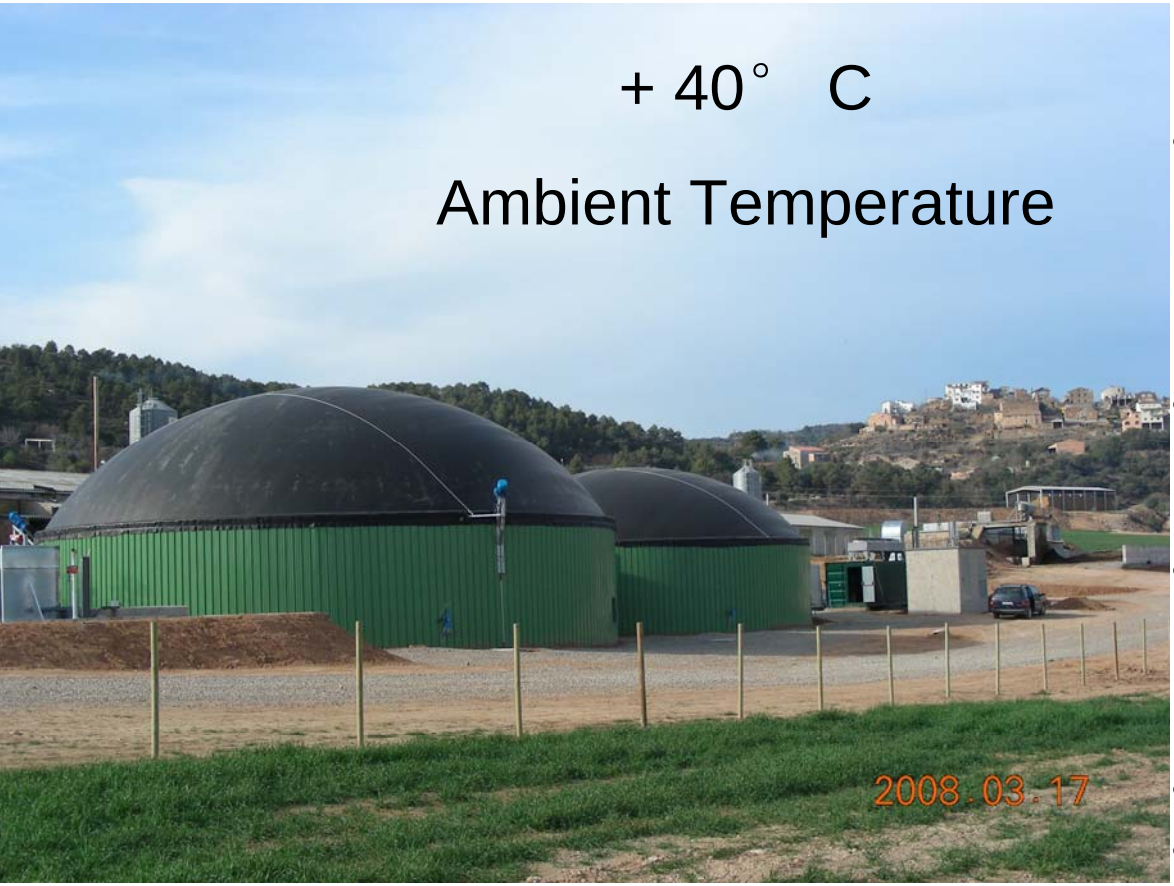
- Input: corn silage, other Silage
  底物：玉米仓储饲料和其他饲料
- Digester: steel tank, glass coated, 2 x 3.500 m³
  发酵罐：钢罐，玻璃壁，
  2 x 3.500 m³
- Gas engine: 2 x 716 kWe
  气体发动机：2 x 716 kWe



Spain, Montargull 西班牙

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

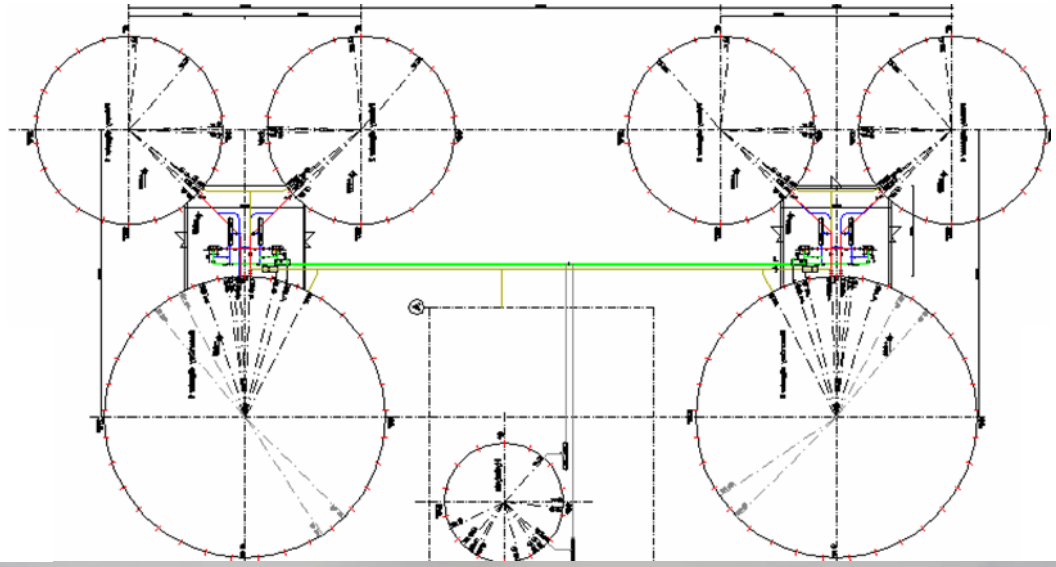




- Input: pig manure, FOG, slaughterhouse waste water sludge
  底物：猪粪， FOG, 屠宰场废物污水和污泥
- Digester (2.080 m³) and secondary digester with gas holder roof
  发酵罐和带有气体收集顶的二甲发酵罐
- Special gas cooling system adopted to high ambient temperature
  特殊气体冷却系统适合高温环境
- CHP: 364 kWe 电热厂： 364 kWe
- Invest 820.000 € 投资820.000 €

Kensington, Prince Edward Island, Canada
加拿大

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH



- built: 2008 2008年建厂
- preliminary laboratory tests 2007
  2007年首先实验室研究
- substrate: potato residues, oil, potato starch
  底物：土豆残渣，油，土豆淀粉
- digester: 4 x 5,500 m³, steel tank
  发酵罐： 4 x 5,500 m³，钢罐
- size: 12 MW_{th} 规格: 12 MW_{th}
- 2 stage digestion with hydrolysis, 2 secondary digesters with gas holder roof
  带有水解的二级发酵
  带有顶部气体收集的二级发酵罐
- biogas is used for heating purposes – hot water production
  生物气可用作加热 – 热水生产

Chino, California, USA 美国

- substrate: cattle manure (270 tons/year, DM 12%), liquid waste from food industry (83 tons/year) food waste

  底物： 动物粪便（270吨/年，干物质12% ），食品工业的液态废物（83吨/年）食物废物
- sediment removal from the digester

  发酵罐里的沉积物的处理
- gas distribution in a biogas grid, expected gas production 18.813 m^3 per day

  生物气输电站中的气体分布， 预测每天产气18.813 m^3
- expected power generation capacity: 1,500 kWe

  预计电能产量： 1,500 kWe
- construction costs: $ 5 million

  建设费用： $ 5 million

Solutions
解决方案

Task 1: Energy Calculation
任务1： 能量计算

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	含脂肪泥浆	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a
Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9,0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	20,0 % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 %

Task 2: Energy Calculation
任务2： 能量计算

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	脂肪	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a
Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9,0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	20,0 % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 % Input
Volatile Solids:	挥发性固体：	
Cattle Manure	牛粪	82,0 % TS
Kitchen Waste	厨房垃圾	88,0 % TS
Fats	脂肪	85,0 % TS
Hydraulic Retention Time	水解停留时间	**31,3 days**
Digester Volume (net)	发酵罐体积	**3.000 m³**
Organic Load Rate	有机负荷率	**3,5 kgVS/m³/d**

Task 3: Energy Calculation
任务3： 能量计算

Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

Input:	输入：	
Cattle Manure	牛粪	20.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	10.000 t/a
Sludge Fat Trap	脂肪泥浆	5.000 t/a
Sum	总计	35.000 m³/a

Total Solids:	总固体：	
Cattle Manure	牛粪	9,0 % Input
Kitchen Waste	厨房垃圾	20,0 % Input
Fats	脂肪	15,0 % Input
Sum	总计	13,0 % Input

Volatile Solids:	挥发性固体：	
Cattle Manure	牛粪	82,0 % TS
Kitchen Waste	厨房垃圾	88,0 % TS
Fats	脂肪	85,0 % TS

Specific Gas Production Rate:	特殊气产率：	
Cattle Manure	牛粪	250 m³/t VS
Kitchen Waste	厨房垃圾	700 m³/t VS
Fats	脂肪泥浆	1000 m³/t VS

Biogas Production:	生物气体产量：	
Cattle Manure	牛粪	369.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	1.232.000 m³/a
Fats	脂肪	637.500 m³/a

Sum:
2.238.500 m³/a
256 m³/h

Task 4: Energy Calculation
任务4： 能量计算

Biogas Production:	生物气体产量：	
Cattle Manure	牛粪	369.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	1.232.000 m³/a
Fats	脂肪	637.500 m³/a
Methane Content:	甲烷气含量：	
Cattle Manure	牛粪	63 %
Kitchen Waste	厨房垃圾	60 %
Fats	脂肪	60 %
Sum	总计	60 %
Calorific Value:	热值	6,0 kWh/m³
Biogas Production:	生物气产量	2.238.500 m³/a
	生物气发电	256 m³/h
Biogas Power:		1.546 kW
Engine Power (installed) (1 Gas Engine)	发动机功力（已安装）（1气体发动机）：	1.645 kW
Engine Power (electric)	发动机动力（电）	625 kW
Produced Energy (electric)	热能(电)	5.846 kWh/a
Engine Power (thermal)	发动机(热)	144 kW
Produced Energy (thermal)	产能(热)	5.603 kWh/a

Task 5: Energy Calculation
任务5： 能量计算

Biogas Production:	生物气体产量：	
Cattle Manure	牛粪	369.000 m³/a
Kitchen Waste	厨房垃圾	1.232.000 m³/a
Fats	脂肪	637.500 m³/a
Methane Content:	甲烷含量：	
Cattle Manure	牛粪	63 %
Kitchen Waste	厨房垃圾	60 %
Fats	脂肪	60 %
Sum	总计	60 %
Calorific Value:	热值：	6,0 kWh/m³
Biogas Production:	生物气产量	2.238.500 m³/a
	生物气发电	256 m³/h
Biogas Power:		1.546 kW
Engine Power (installed) (1 Gas Engine)	发动机功力（已安装）（1气体发动机）：	1.645 kW
Engine Power (electric)	发动机动力（电）	625 kW
Produced Energy (electric)		5.846 kWh/a
Engine Power (thermal)	热能(电) 发动机(热)	144 kW
Produced Energy (thermal)	产能(热)	5.603 kWh/a