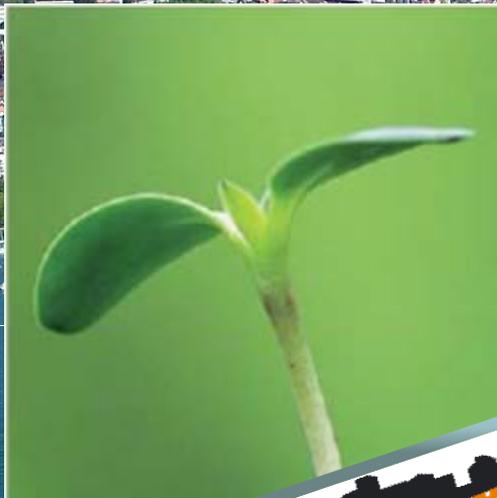


瑞士苏黎世州如何最大程度地回收污水中的磷？

Leo S. Morf 博士



瑞士苏黎世州废弃物水能源空气局

目录

1. 瑞士的基本情况介绍
2. 瑞士的污水和污泥管理
3. 瑞士苏黎世州：磷资源回收的变革
 - 废弃物和资源管理的目标和战略
 - 2006年污水污泥的状况
 - 2006年的新战略
4. 目标和解决方案
 - 评估程序
 - 技术上的解决方案
5. 结语

1. 瑞士的基本情况介绍

瑞士基本信息介绍

- 面积：**41,284 平方公里**
- 人口：**800 万居民**
- 生产总值：**400 亿瑞士法郎 (3,350 亿欧元)**
(人均)：**500 瑞郎 (43,000 欧元, 63,000 美元)**
- 废弃物产生量：**0 万吨**
- 污水产生量：**14.5 亿立方米/年**
- 污水污泥的处置：**20万吨干物质/年**

环境保护及资源管理的原则特点和作用

特点：

- 环境资源本身非常脆弱（空气、水、土壤）
- 随着生活水平的提高，资源消耗和废弃物的产生量均在增加
- 资源和消费品高度依赖进口
- 当今社会高度开放、教育水平高、创新精神高涨
- 与收入相比，废弃物管理成本较低（*低成本的假设*）

上述特点有利于：

- 增强环境保护意识
- 兼顾社会经济发展和环境保护目标
- 高度重视“环境污染谨慎原则”和“谁污染谁负责的原则”
- 以循环经济理念为基础，采取创新的、目标明确的资源和废弃物管理政策（城市采矿理念）



我们要保护美丽的湖泊

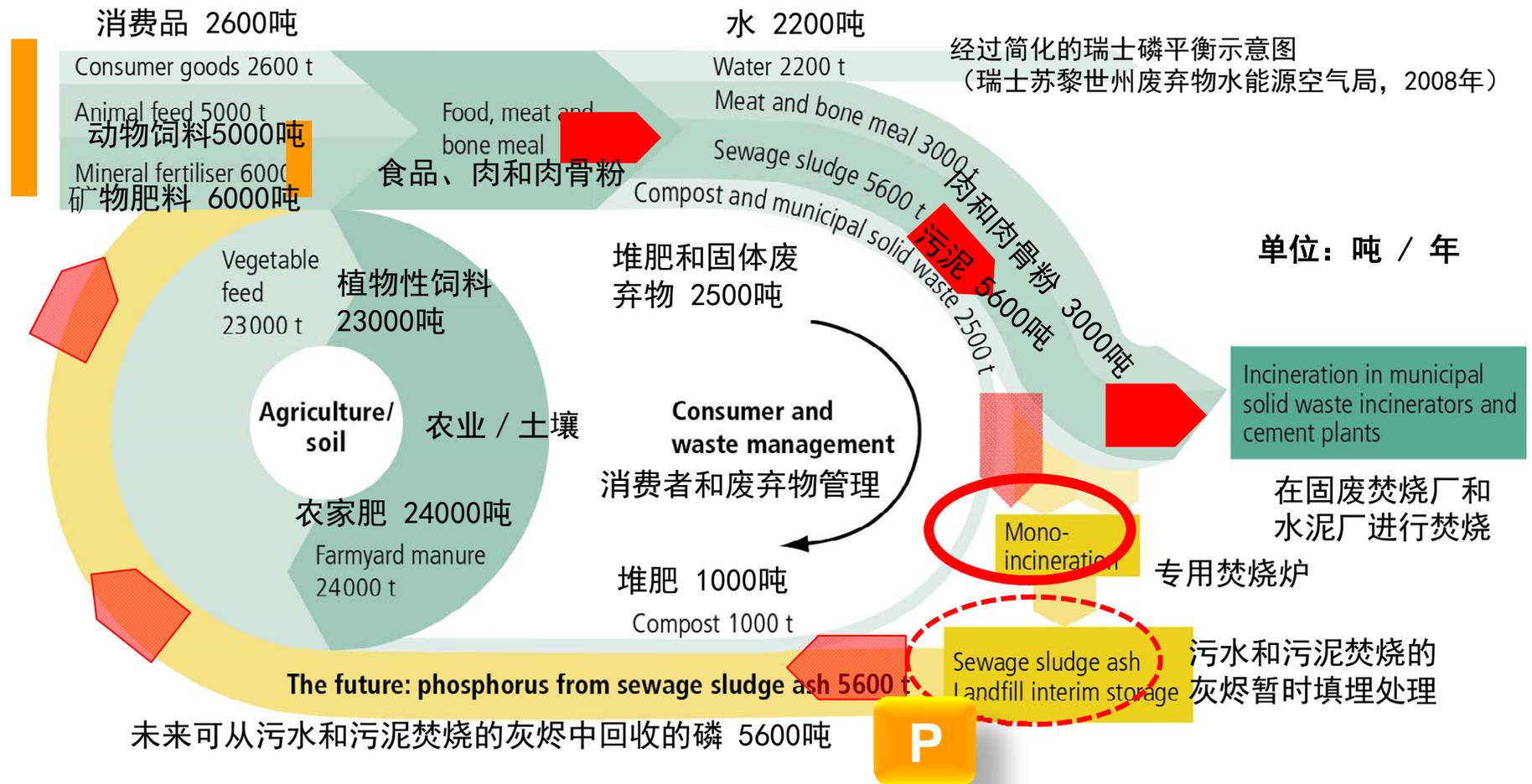
过去依靠建设污水处理厂处理城市居民产生的污水，几乎可以覆盖整个城市区域。

80%的污水厂都拥有除磷设备，可以将出水的总磷浓度降0.8 mg / L以下。



苏黎世市Werdhölzli污水处理厂

生活废弃物中（如生活污水和污泥）含着大量的磷资源



结论：如果高效回收污水和污泥中的磷资源，几乎可以取代瑞士磷肥进口量。

2. 瑞士的污水和污泥管理的五个发展历程

从2008年起，由于疯牛病和有机污染物的沾染，已完全禁止污水和污泥直接农用。

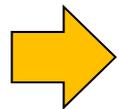
上世纪七八十年代：由于污水和污泥直接用于农业，导致土壤受到重金属污染。

上世纪八十年代：这种管理措施处置污泥和污水造成了一系列问题，从而失去了**公信力**。

上世纪九十年代：由于污水和污泥中含有微污染物，其直接农用有**异议**；

本世纪头十年：民众对污水和污泥直接农用接受度下降。因为有机农业日益广泛，**“零风险”**战略，消费者和批发商对安全问题的意识越来越高。

最后：疯牛病爆发（疯牛病危机）导致政府规定完全禁止污水和污泥直接农用



2008年，瑞士根据“谨慎原则”，颁布对人类和环境实施最大保护的政策，但尚未涉及磷资源保护的具体措施。

3. 苏黎世州：磷资源回收的变革

废弃物和资源管理总体规划和总的目标战略

关于磷的工作目标（2007年）

第一个目标

实现资源的回收和再利用

污水和污泥

仅采用最大程度回收磷的处理技术

第二个目标

提高生态和能源利用效率

第三个目标

废弃物处置的安全性
技术优化

第四个目标

兼顾资源环境保护和居民健康安全

战略

元素 A

规划的目标明确、作用易懂

元素 B

积极向社会各界介绍措施和开展相互沟通

元素 C

回收和管理成本的公开和透明性

元素 D

与企业、科研机构的合作

2006年瑞士苏黎世州产生的污水和污泥的状况

- 140万居民
- 72座公共污水处理厂（2.3亿m³污水 / 年）
- 55万m³的消化污泥 = 每年10万吨脱水后的污水污泥（30%干物质）

污泥处置途径及其比例：

- 市政固体废弃物焚烧厂：**65%**
- 水泥厂：**10%**
- 污水污泥焚烧设施（专用焚烧炉）：**25%**
（没有另外的用于后续回收磷的仓储设施）

- 人们意识到，如果今后不采用新的处置办法，那么到**2015年**时将面临磷矿的产能瓶颈；
- 人们越来越多地意识到磷的稀缺性和重要价值。

4. 政治指令：目标和解决方案

2007年针对污水污泥管理制订的新战略：

苏黎世州政委员会（即由州长和所有副州长组成的行政领导班子）于2007年通过了572/2007号决议，制订了明确的总体目标和方案：

应规划未来的处置方法，特别是在建设新污水处理厂时，以便：

- 将来有可能回收磷
- 不管污泥的处理地点，均应满足最经济的、可靠地利用污泥资源，不管污泥的处理地点在哪里。

评估程序

1. 为选择工艺而开展环境监测：运用系统性的评价方法，了解除目前首选的污水污泥处置办法，即在专用焚烧炉中焚烧并（日后）从灰烬中回收磷之外，是否还存在更好的污水污泥处置方式（2007-2009）
2. 污泥处理（焚烧炉）基础设施的选址和配置决策（2009-2012）
3. 从焚烧炉灰烬中回收磷的工艺可行性研究（2012-）



评估标准：

- 磷回收率
- 成本
- 能源的利用
- CO₂平衡
- 交通运输和物流
- 预留空间

技术上的解决方案

1. 从专用焚烧炉产生的灰烬中回收磷：一种有效而明智的理念！

- 有效的矿化技术与回收技术相结合，或经储存，随后再进行回收（未来的城市采矿）
- 对污水处理系统整体而言，磷回收的产量是很高的（可回收75%以上的磷）



2. 在（苏黎世市内）最大的污水厂设立一座新的污水污泥专用焚烧炉，集中焚烧所有污水污泥，是在生态上和经济上都最有效的解决方案。



从低效的分散式系统转变为一个高效的中央系统：一项富有挑战的工作！

174 座市镇

72 座污水处理厂

共同决策监管

应急处置方案

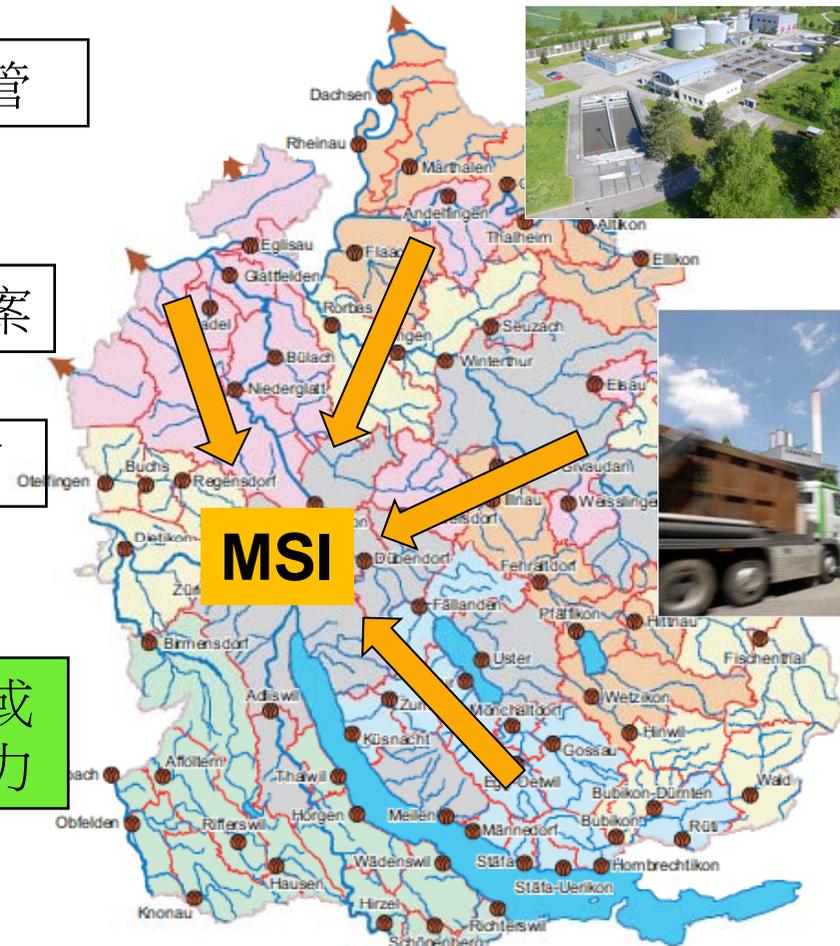
关闭既有的污水厂

磷回收技术或
中间储存能力

区域性脱水站

运输成本的补偿/
优化的物流方案

输入 / 输出 / 排除



MSI = 污泥专用焚烧炉

技术上的解决方案

3. 评估从专用焚烧炉产生的灰烬中直接回收磷

- 重点关注湿化学法提取，近似于磷的一级生产（Leachphos®工艺）
 - 技术评估（真实条件试验）
 - 产品质量 / 产品管理（肥料 / 磷产品）
 - 市场 / 成本 / 经济因素
-
- 与另外两种方案进行比较
 - 热化学工艺（ASHDEC®）
 - 磷酸处理（RECOPHOS®）



5. 结语（反思）

积极的和危险的方面

1. 苏黎世州决心在八年内，在一个民主的、互动的、多个利益相关方共同参与的规划程序中，实现从资源效率低下的分散式系统向极为高效的中央系统的转变。
2. 污水污泥专用焚烧炉磷回收方案，是中肯的、有效的而明智的。一旦付诸实施，从2015年起，将避免磷的进一步耗散，并可回收利用这一稀缺资源。
3. 这种解决方案也确保符合关于有害物质的“谨慎原则”。
4. 面临的一个的挑战是，评估并尽早实施可靠的、在生态和经济上都切实可行的磷回收工艺，以避免中间储存成本。

不足之处——存在不确定性和不完整性的知识

1. 磷酸盐原料（磷矿）未来的市场价格
2. 最终磷产品的质量（最终的农业评估）
3. 工业合作伙伴在长时期内的可靠性（➔ 产品管理战略）
4. 对磷回收工艺进行进一步优化的潜力（精加工 ➔ 提升附加值）
5. 复杂而小规模的废弃物管理系统组织结构导致无法实施大规模的、具有竞争力的初级磷产品业务。

发展前景

- 在磷回收领域，苏黎世州决心走在时代的前列，尽快成功实现从焚烧炉灰烬中直接回收磷，从而避免中间储存成本；
- 苏黎世州乃至整个瑞士都希望通过尽早应用磷开采等城市采矿理念（先导性任务），来加强其在环境保护方面的领先地位，并支持创新型环境科技的竞争力。





感谢各位的关注和兴趣！

如欲了解更多信息，请查阅：

Leo S. Morf (2012)：《污水污泥中的磷——苏黎世州和瑞士的有关战略》（英文版），第45届埃森水资源和废弃物管理大会，2012年3月14日至16日在德国埃森举行。

Leo S. Morf 博士
瑞士苏黎世，2013年
leo.morf(at)bd.zh.ch
www.klaerschlamn.zh.ch