

各位同行下午好!

德国水环境治理考察随想

上海市城市建设设计研究总院(集团) 有限公司

唐建国 13061702548

2020年1月11日 西安

前言

—2019年10月15日~16日
德国水协巴登符腾堡州年会在Prorzheim举行。

—本次年会特设“中国专场”。

—先后拜访了Pforzheim市排水公司、州环保署、IKT管道研究院、GRAF公司（雨水蓄水模块）、Emschergenossenschaft、DSP设计公司等单位。

—参观了多个污水厂和管道工地。



DWA LANDES VERBANDS TAGUNG 2019

Baden-Württemberg | 15. – 16. Oktober 2019
CongressCentrum Pforzheim

DER TREFFPUNKT DER WASSERWIRTSCHAFT IM SÜDWESTEN! // WWW.LANDESVERBANDSTAGUNG-BW.DE

MITTWOCH, 16. OKTOBER 2019

Wasserwirtschaft in China

Die Volksrepublik China steht vor einer enormen Herausforderung. Mit über 1,3 Mrd. Einwohnern, d.h. 30% der Weltbevölkerung, ist das Land der bevölkerungsreichste Staat der Welt. Der geschätzte Wasserbedarf wird in den kommenden Jahren voraussichtlich um 70-100% steigen. Jedoch sind die Wasserversorgung sowie die Wasserinfrastruktur noch erheblich unterentwickelt. Dies ist keine Überraschung: China vier Jahrzehnte wilder Wirtschaftsbloom hat einen strukturellen Preis für die Umwelt verlangt. Die rasante Industrialisierung des Landes hat den strukturierten Aufbau eines funktionierenden Wassersystems erschwert. China steht einem gewaltigen Wasserverbrauch gegenüber. Dieses Problem hat die chinesische Staatsführung jedoch seit einiger Zeit erkannt und deshalb die Sicherung von Wasser sowie eine nachhaltige Wasserversorgung zu den wichtigsten Zielen ihres Fünf-Jahres-Planes im Jahre 2016 erklärt. Daher macht es auch für deutsche Unternehmen Sinn, sich näher mit dem chinesischen Markt zu beschäftigen und mögliche Chancen zu erkennen. Diesen Ansatz greift das neue DWA-Länderspecial China auf und stellt Möglichkeiten und Herausforderungen auf dem weiten chinesischen Markt der Wasserwirtschaft vor.

FORUMSPLATZ IN DER AUSSTELLUNG, 2.0 FÖRER

Länderspecial China Mittwoch | 16.10.2019

- Moderatorin: Cornelia Frank | Baden-Württemberg
Internationale: Dr. U. Stangor
- 11.00 Wasserstraßen-Infrastruktur Development Plan for 2016-2020
Ligang He | Urban Infrastructure Department, Ministry of Construction and Housing of Jiangsu Province
Jingyan Yang | Shanghai Urban Construction Design and Research Institute, Member of National Waterwork Expert Panel (CNW)
 - 11.30 Deutsches Chinesische Zusammenarbeit ein Beispiel des Regenwassermanagements
Dr. Mei Lu | Civil, Delta Water, Nanjing (CHN)
 - 11.40 Water supply and Cleaness for die deutsche Wasserwirtschaft
Hans Löffler | Baden-Württemberg International (BWI, Stuttgart)
 - 11.55 Die Seidener Wasserressourcen für nachhaltige Siedlungsentwicklung in China – Erfahrungen und Perspektiven
Dr.-Ing. Rüdiger Köhler | Institut Urban, Nelsom-Deutsche Bau
 - 12.00 Der weite Markt in China
ZINE-I (INNOVATIVE SDRR Inspection in Jiangsu, Deutsche Kanalinspektionsgesellschaft China
B.Eng. Tobias Zickel | J-technik GmbH, Luden
 - 12.15 China Prozess Entwicklung in der Wasserwirtschaft
Schweizer Zusammenhänge Umwelt Funktionen und Wirtschaftliche Perspektive
Thomas Dr. Ingrid Löffler, Systemtechnik GmbH & Co. KG, Mosbach
 - 12.20 Diskussion und Fragen



主要内容

随想一：源头绿色不就是海绵吗？

随想二：排水管道工程该怎么做？

随想三：雨水池会有什么发展？

随想四：德国水体质量是如何评价的？

随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

随想七：德国排水系统调查都说了啥？

随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

- 1、德国污水处理厂自我运行达标采用2小时一个样的24小时混合样分析。
- 2、污水处理厂年均值达标，即运行达标。
- 3、监管部门抽检主要是COD、SS、氨氮、TN、TP。
- 4、联邦和地方对监管部门的瞬时样取样有严格的取样方法规定，如有的州规定采用10分钟样，即在10分钟内，2分钟一个样，采用5个样的混合样；监督性监测抽样有两种认定方法：一是瞬时样分三份，监管部门、污水处理厂和第三方各一个，三者检测数据误差在一定范围，则有效；二是瞬时样一分二，监管部门和污水处理厂各一份，保留一份，若误差超出范围，则委托第三方复查。



随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

- 5、判定一个厂是否超标，则采用“五四”法则，即如果本次检测有一个样品一个指标超标，且没有超标100%，则追溯前四次，如果前四次没有超标，则本次抽检合格。
- 6、德国污水处理厂是要支付排污费的，所以尽可能降低出水污染物浓度是污水处理厂的自觉行动。
- 7、德国污水处理厂出水是不消毒的，除非有特殊要求；德国同行认为污水处理厂出水消毒是“不可思议”和可怕的行为。



随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

8、德国污水处理厂在线监测数据只作为指导运行的参考，不能够作为监管的手段，因为在线监测仪器的测定方法不是德国工业标准（DIN）规定的方法。

9、对污水处理厂进行有效监管是必要的，但是必须要科学，还要讲规矩，规矩就是科学和公平的体现；没有规矩，哪有科学；没有公平，哪有信服！



参观
Kassel市
污水处理厂



这个二沉
池出水渠
为什么要
“盖”起
来的？

计策团

随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

德国按照规模等级确定的污水处理厂排放标准

表 2 德国目前执行的污水处理厂水污染物排放标准

污水处理厂 规模等级	污水处理厂规模 (当量人口)	污染物排放标准 (mg/l)				
		COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₄ -N	TN	TP
1	<1000	≤150	≤40			
2	1000~5000	≤110	≤25			
3	5000~20000	≤90	≤20	≤10	≤18	
4	20000~100000	≤90	≤20	≤10	≤18	≤2
5	≥100000	≤75	≤15	≤10	≤18	≤1

随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

德国污水处理厂出水水质从1988年至2004年出水中污染物浓度持续下降，这与德国1990年开始要求5000当量人口规模以上污水处理厂必须除氮，20000当量人口规模以上污水处理厂必须除磷要求有密切关系。

自2004年始，出水污染物浓度，或者去除率基本稳定，文章评价称，处理水平已到了生物处理的极限。

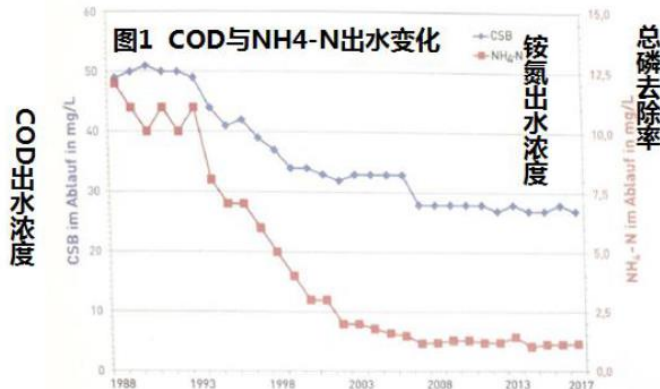


Abb. 1: CSB- und NH₄-N-Ablaufwerte

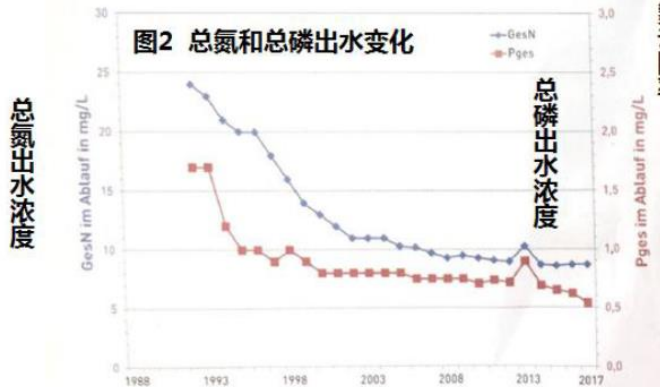
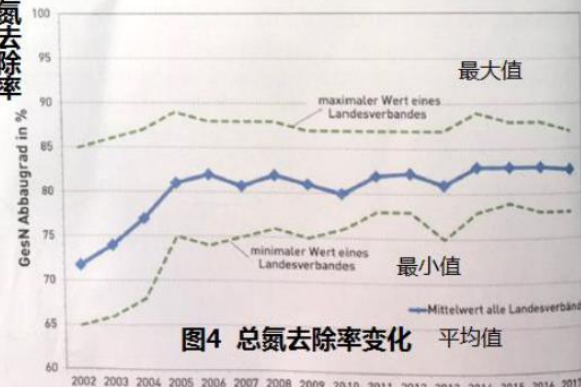


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der GesN-Abbaugrade



德国污水处理厂出水水质30年比较

随想五：德国污水处理厂出水是怎样监管的？

德国各污水处理厂出水水质远好于排放标准，绝大多数污水处理厂污染物排放水平处于很低和低的等级水平上。

表 3 德国污水处理厂出水水质水平分级

等级	出水所含 污染物情 况	出水所含耗氧物质浓度			出水所含营养物质浓度	
		BOD ₅	COD _{Cr}	NH ₄ -N	TN	TP
		mg/l				
1	很低	~5	~30	~1	~8	~0.5
2	低	6~10	31~50	2~3	9~13	0.6~1.0
3	一般	11~20	51~90	4~10	14~18	1.1~2.0
4	高	21~30	91~120	11~20	19~35	2.1~5.0
5	很高	>30	>120	>20	>35	>5.0

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——巴登州共有污水处理厂904座，其中大于5万当量人口的仅87座。

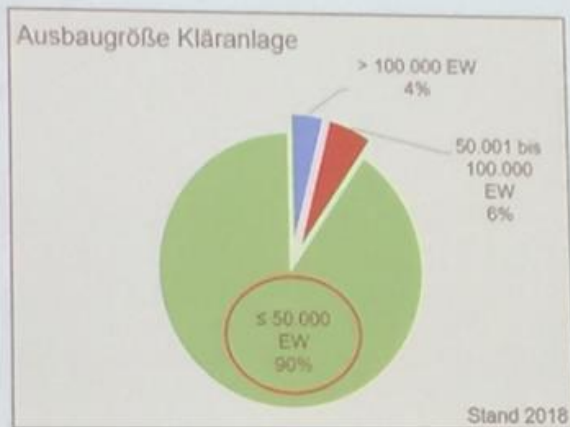
——共计服务当量人口1620万人，处理水量15.44亿立方米。

——巴登州年产污泥量23.66万tDS（折含水率80%，118.3万立方米）。

——折算单位当量人口产泥16.45tDS。

——折算处理万立方米污水产泥1.53tDS（折折含水率80%，7.65立方米）。

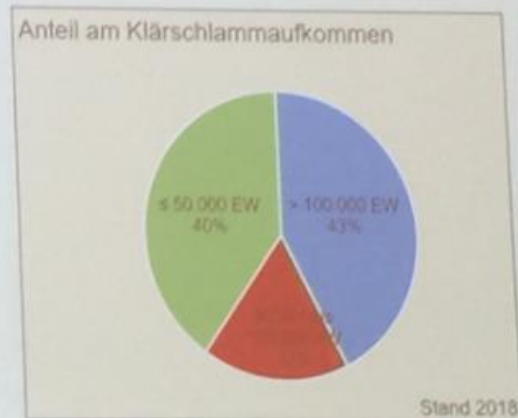
Kläranlagensituation in Baden-Württemberg



37 Kläranlagen > 100.000 EW

50 Kläranlagen zwischen 50.001 und 100.000 EW

817 Kläranlagen ≤ 50.000 EW



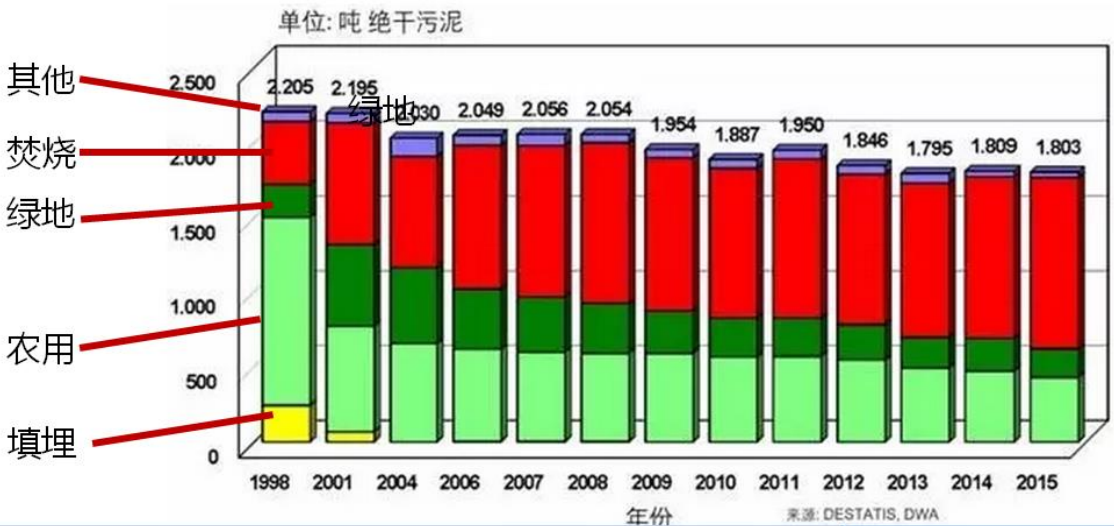
101.000 Mg Klärschlamm (TM)

41.050 Mg Klärschlamm (TM)

94.500 Mg Klärschlamm (TM)

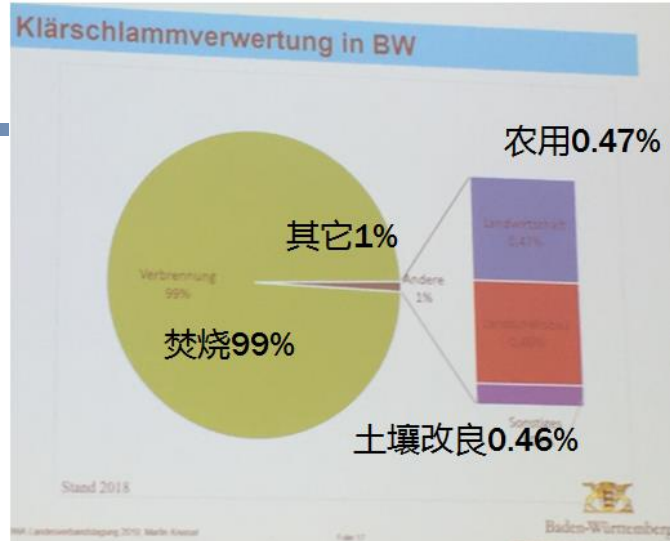


随想六：德国污泥处理有什么新要求？



德国污泥处理处置情况

根据德国联邦统计局2016年数据：2015年产生约180万吨城镇污泥(DS)。其中：约36%用于农田、景观建设和土壤改良。近20年有毒有害物质的大幅下降，许多作为农肥的城镇污泥成分符合法规要求并不会影响土壤，但城镇污泥处理后直接作为肥料的作法，在德国的接受程度仍在不断下降。



- ### Situation Klärschlammverbrennung
- Im Land: (rd. 65 % = 154.000 t/a TS)
 - 4 Zementwerke
 - 2 Monoverbrennungsanlagen S und KA (30.000 t/a TS)
 - 1 Klärschlammvergasungsanlage Balingen (2.000 t/a TS)
 - Kohlekraftwerk Heilbronn
 - 1 Industriekraftwerk (Papierfabrik)
 - Außerhalb von Baden-Württemberg (rd. 35 % = 82.900 t/a TS)
 - vord. Braunkohlekraftwerk Lippendorf
 - mehrere Zementwerke
- Aktuell geplant: Erhebung der Entsorgung außerhalb von BW

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——1993年5月14日，德国推出“垃圾填埋条例”（TA Siedlungsabfall，简称TASi），只允许有机物含量不超过3%的垃圾物质才能填埋。这一法律经过12年过渡时期之后彻底禁止污泥填埋，2005年完全关闭了污泥填埋途径。

——德国2005年全面禁止污泥填埋之后，污泥总体产量呈现稍微下降的趋势，主要原因是在污泥脱水过程中，石灰添加量下降。

——2013年4月5日对“垃圾填埋条例”进行修订，允许垃圾填埋场存放合格的污泥焚烧灰分（灼烧减量 $< 5\%$ ）。

——德国对单独焚烧的灰分进行临时储存，目的是今后能够对其中的磷进行回收。

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——在2005年之后，以物质利用为基础的污泥处置量逐步下降，相反热处置污泥总量不断增加。主要原因是德国肥料法规(DüMV)对污泥内有害物质的上限含量做出了十分严格的规定。

——此外在污泥农用时，2015年出台了更为严格的德国肥料法(DüMV)。

——德国肥料法(DüMV)规定：自2017年1月1日开始，**2年内的生物降解能力至少超过20%的高分子絮凝剂才能被使用，希望工业界能够开发出完全和部分可生物降解的絮凝剂。**

——**至2018年，对传统的高分子絮凝剂不进行用量限制。**

——**自2019年开始，对无法证明具有至少20%可生物降解的絮凝剂来说，必须采取实施用量限制措施。**

污泥农用时，每年输入农田的高分子絮凝剂不能高于15kg/公顷。但对于可部分或全部降解的高分子絮凝剂来说，则不受这一用量规定的限制。

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

现行德国对污泥污染物的限制规定(污泥内含量)

2012年的德国循环经济法规定，污泥处理产物土地利用时，原则上德国肥料法(DüMV)比污泥法规AbfKlärV更具有优先权。

参数	单位	污泥法规 AbfKlärV	肥料法 DüMV
砷	mg/kg DS	-	40
铅	mg/kg DS	900	150
镉	mg/kg DS	10 或者 5*	1.5
铬(总体)	mg/kg DS	900	-
铬(Cr ⁶⁺)	mg/kg DS	-	2
铜	mg/kg DS	800	900
镍	mg/kg DS	200	80
汞	mg/kg DS	8	1
铊	mg/kg DS	-	1
锌	mg/kg DS	2500 或者 2000	5000
有机卤素化合物(AOX)	mg/kg DS	500	-
多氯联苯(PCB)	mg/kg DS	0.2	-
PCDD/PCDF	ngTCDD-TEQ/kg DS	100	-
I-TE 二恶英和 dl-PCB	ngWHO-TEQ/kg DS	-	30
PFT	mg/kg DS	-	0.1

注:*较轻的土壤，粘土含量<5%和 pH 值大于 5 和小于 6 时。

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——德国城镇污水处理厂的污泥处理产物能否农用的争论一致在进行中。

反对农用的原因：城镇污泥内重金属、持久性有机污染物质、残留药物和化妆品等。

——经过十多年的修订，德国污水处理厂污泥法(AbfKlärV)于2017年8月正式宣布生效。

新版法规明确规定：**在规定的过渡期(12年或15年)之后，所有规模超过5万人口当量的污水厂都必须从污泥或者污泥灰进行磷回收，同时禁止污泥土地利用。**

P含量大于20g/kgDS：

大于10万当量人口厂，2029年执行；

大于5万当量人口厂，2032年执行。

Grundsätze der AbfKlärV

- Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung für alle Abwasserbehandlungsanlagen
 - P-Gehalt ≥ 20 g/kg **im Klärschlamm TM**
 - Unabhängig von der AusbaugrößeZu beachten: Klärschlamm ist Abfall aus der **abgeschlossenen** Behandlung von Abwasser...
- Verbot bodenbezogener Verwertung
 - Anlagen > 100.000 EW ab 2029
 - Anlagen > 50.000 EW ab 2032

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

—从2029年或者2032年全面禁止污泥的农用。

—污水处理厂有义务进行磷回收。

—磷含量 >20 gP/kg DS的，必须将磷回收至 <20 gP/kg DS，或者磷回收效率至少为50%。

—磷含量高于40 gP/kg DS的，磷回收效率可以降低。

—或者：承诺污泥进行单独焚烧，或者协同焚烧，并从灰渣中回收磷，回收其中80%的磷；或者对含磷灰分/碳质残余物进行物质性利用。

—根据填埋条例，可对含磷灰分/碳质残余物进行存放，存放期5年，以便对其进行磷回收；有政府批准，可以延长。

法律为德国在欧洲率先开始了污泥的磷回收先河提供了保证。



随想六：德国污泥处理有什么新要求？

全球磷储量分析：在不久的将来可能会导致磷的供给瓶颈。

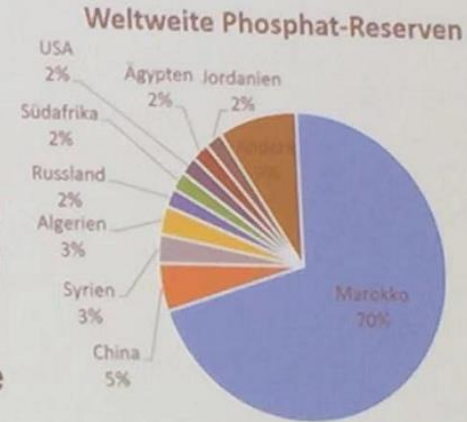
欧盟紧缺原料的清单，将磷（磷矿石）位列其中。德国和几乎所有欧盟国家均依赖进口。

从长期确保磷资源供给角度来看，从污水或城镇污泥内进行磷回收是必须的。

理论估算，城镇污泥或污水中的总磷量（正磷酸盐），可以覆盖农业化肥需要量的50%~60%。

Phosphatreserven

- Dramatisch: Phosphat-Reserven weltweit ungleich verteilt
 - 4 Länder besitzen ca. 80 % aller Vorkommen
 - Europa ist überwiegend abhängig von Importen aus diesen Ländern
- 2014 von EU-Kommission in Liste kritischer Rohstoffe aufgenommen
- 50 % kann aus den Klärschlämmen zurückgewonnen werden

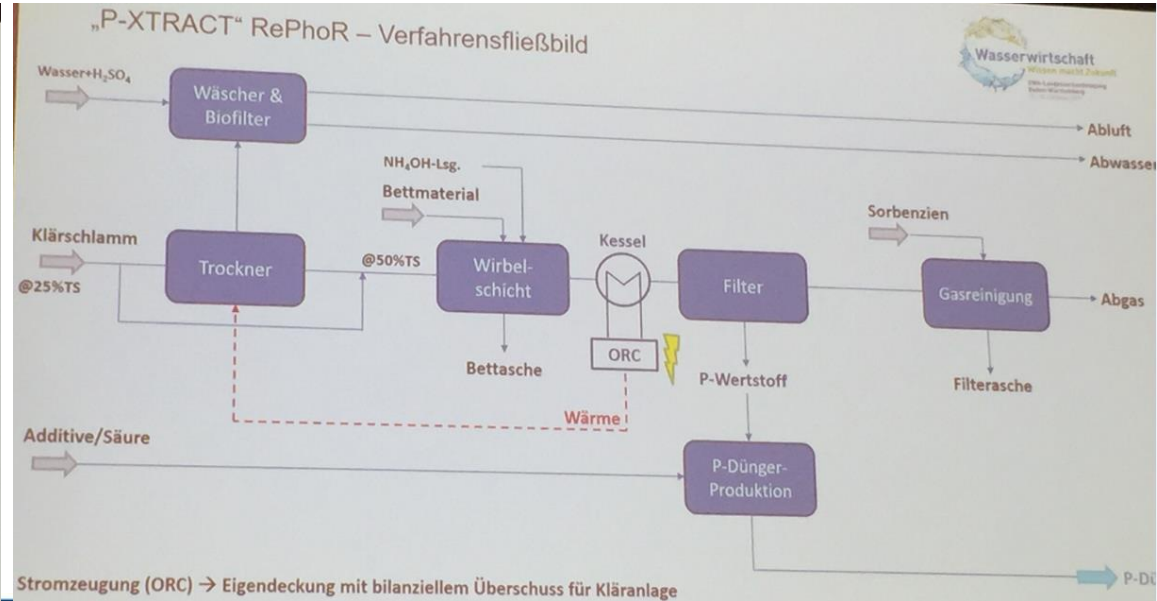
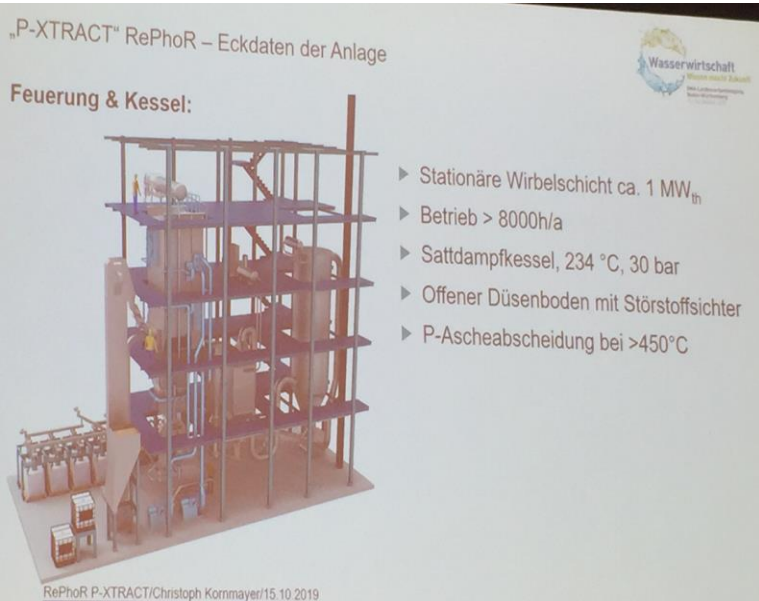


摩洛哥堪称磷酸盐王国，是世界磷矿最丰富的国家



随想六：德国污泥处理有什么新要求？

- 法规没有规定必须采用的具体磷回收工艺技术。污水处理厂既可以建造**单独污泥焚烧装置**，然后从污泥灰中进行**磷回收**，也可以采用**化学结晶沉淀工艺进行磷回收**(例如鸟粪石MAP工艺)。
- 目前从城镇污泥（污水）进行磷回收的技术**不完全成熟**，从城镇污泥灰中进行磷回收的工艺，德国尚无大型运转的成功经验，故法规为大面积采用磷回收工艺提供了**足够的过渡时期**。

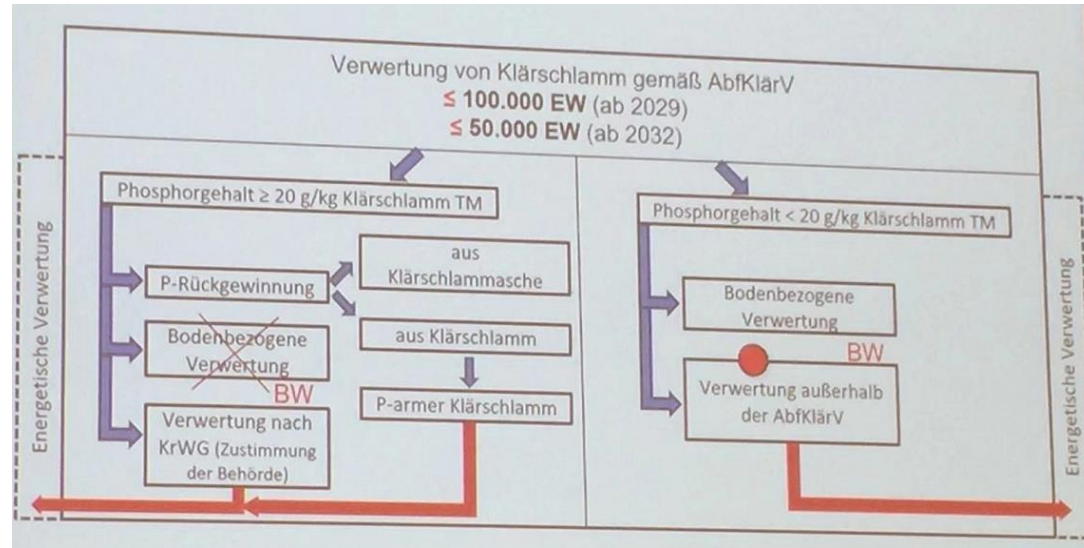


随想六：德国污泥处理有什么新要求？

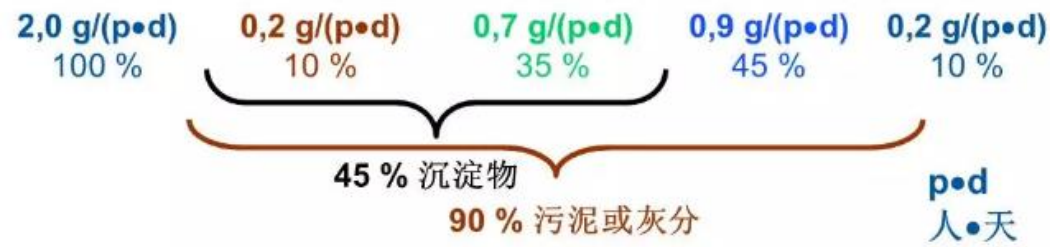
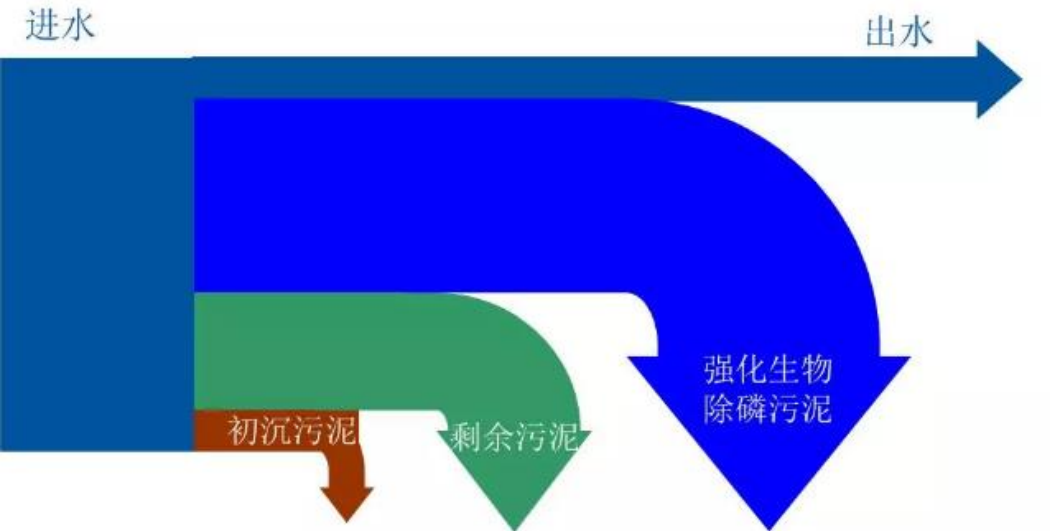
——在采用化学沉淀结晶工艺的城镇污水处理厂内，一般都可以产生磷酸铵镁(MAP)。但规定，采用此工艺必须保证被处理后的城镇污泥内磷含量 $< 20 \text{ g P/kg DS}$ 或者至少降低污泥内磷含量50%，回收之后的磷大部分作为肥料或者进一步加工制成化肥。

——对于污泥灰来说，含磷灰必须加工处理之后才能够产生磷酸，但是肥效试验显示，从单污泥焚烧装置内获得含磷灰，如果不额外进行处理，则一般情况下这些灰的肥料效果不如鸟粪石(MAP)，但是使用成本大幅度降低。

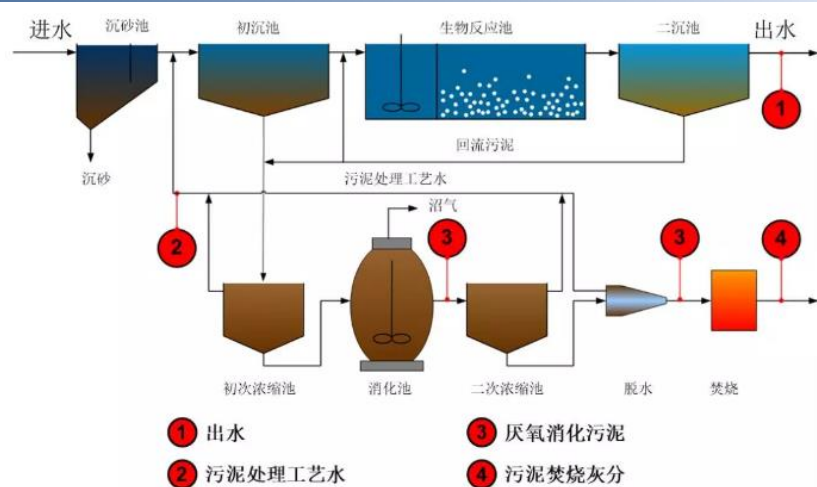
——当城镇污泥在单独焚烧装置或者在等价的混烧装置处理时，必须至少将污泥80%的磷回收利用，这样才能保证在热处置过程中的磷回收效率高于普通的化学沉淀结晶方法。



随想六：德国污泥处理有什么新要求？



德国城市污水处理厂磷的物质流平衡图



城镇污水处理厂回收磷的可能的地点和方式

回收点	体积/质量流	磷浓度	形态	回收率 (参照污水处理厂进磷复合)
1. 污水厂出水	200 l/(E·d)	< 5 mg/l 0.5	溶解态	最大55% ¹⁾
2. 污泥水	1 – 10 l/(E·d)	20 – 100 mg/l	溶解态	最大50% ²⁾
3. 消化污泥	0.2 – 0.8 l/(E·d)	30 – 40 g P/kg TR	溶解态、生物/化学结合态	最大90%
4. 污泥焚烧灰	0.03 kg/(E·d)	60 – 80 g/kg	化学结合态	最大90%

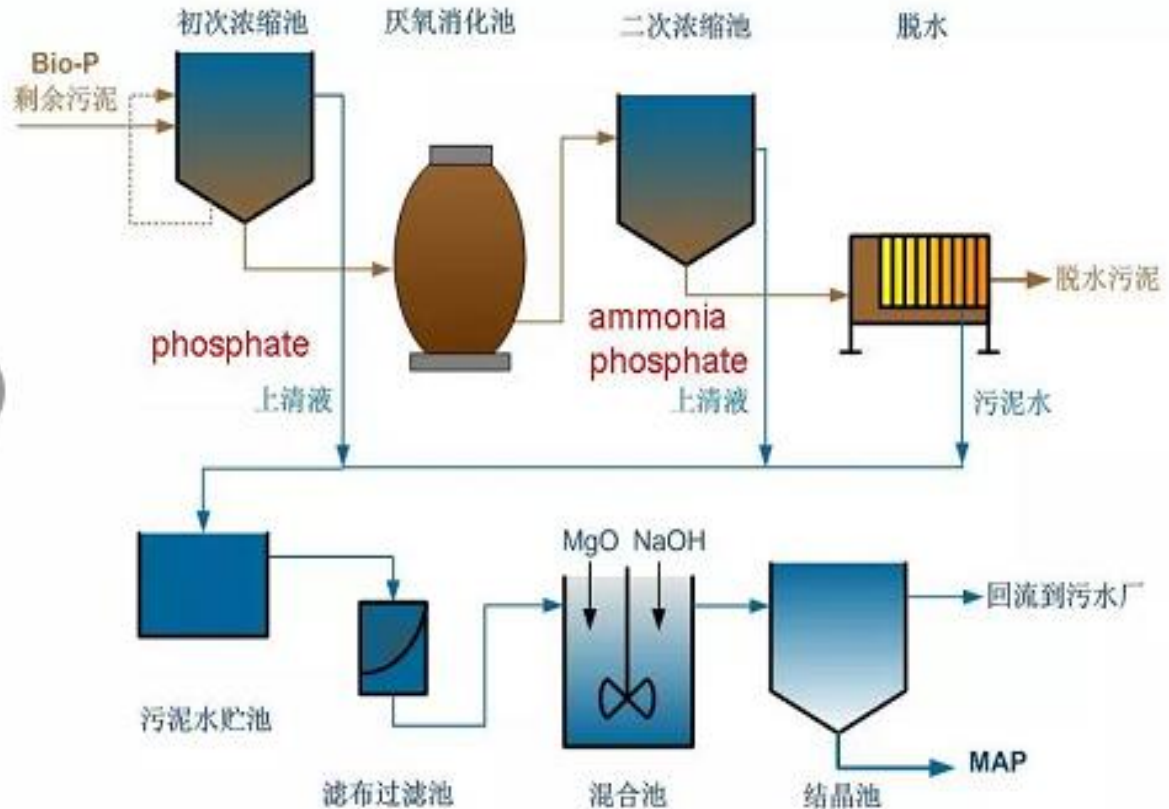
随想六：德国污泥处理有什么新要求？

—PRISA工艺是从污泥处理过程中浓缩、脱水液中回收磷。

—三种工艺水中含磷的形态不一样。经过一定的化学处理之后，回收得到磷酸铵镁MAP。

—采用强化生物除磷工艺，否则污泥处理过程的工艺水中的磷的含量就比较低。

其磷回收率大于50%，满足德国新“污泥条例”对于磷回收率的要求。



随想六：德国污泥处理有什么新要求？

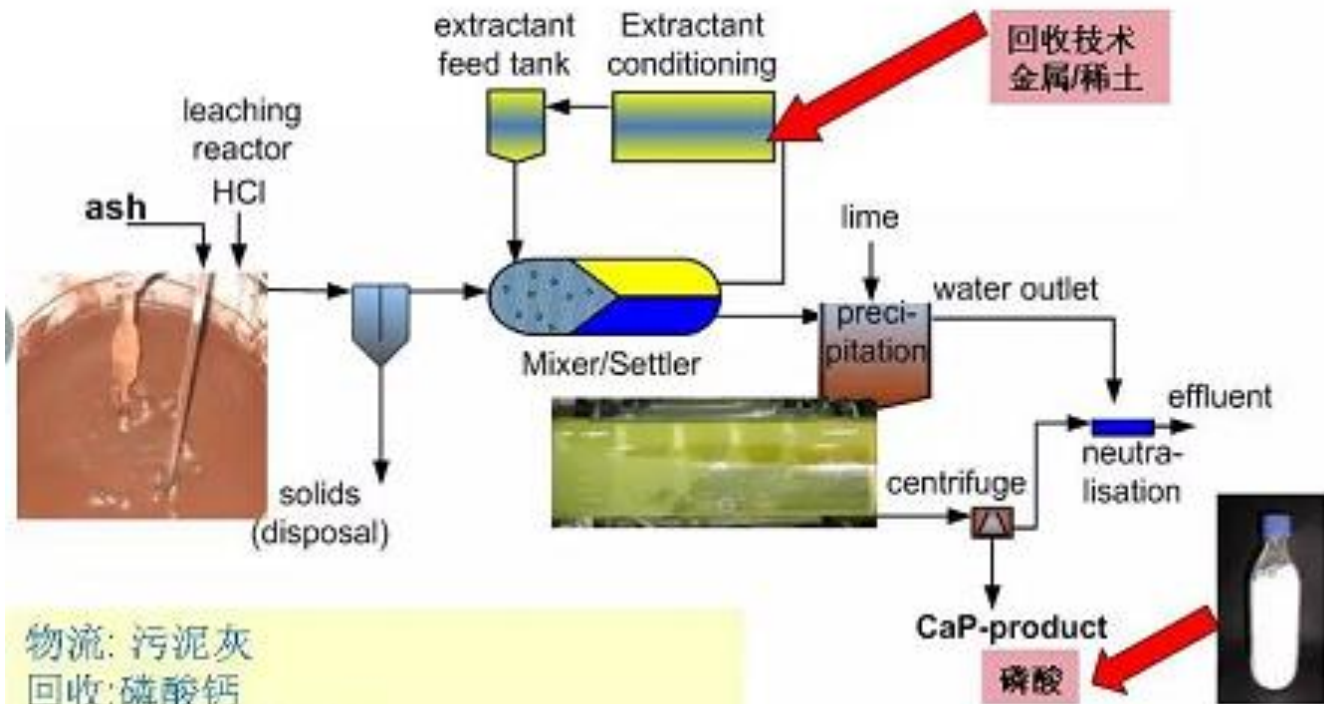
—PASCH工艺是从污泥焚烧的灰分中回收磷。

—该工艺磷回收率要大于90%。

—回收产品的无机杂质含量低。

—该产品具有良好的植物可利用性。

—示范项目运行表明，PASCH工艺具有较低的成本。



物流: 污泥灰
回收: 磷酸钙
 $\eta_{P, \text{污泥灰}} \sim 80-90\%$
 $\eta_{P, \text{污水厂进水}} \sim 81\%$

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——在污泥焚烧中，要将能源利用和磷回收结合起来；

——磷回收设施是分散还是集中？

磷回收要与污泥处置紧密结合起来！

Konsequenzen Klärschlammverbrennung

- Energiewende und Pflicht zur P-Rückgewinnung :
Entsorgung in weiten Teilen neu aufzustellen
→ wir brauchen neue Verbrennungskapazitäten in erheblichem Umfang
- Planung P-Rückgewinnung muss zeitnah anlaufen
 - dezentrale oder zentrale Lösungen?
 - im Zweckverband oder externe Dienstleister?

→ P-Rückgewinnung und Klärschlamm Entsorgung müssen im Verbund geplant werden



随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——德国焚烧处理的污泥总量中，污泥单独焚烧处理量和在燃煤电厂混烧处理量，大约各占一半；只有少量污泥是在水泥窑和垃圾焚烧厂内被处置。

——如果磷含量少于2%(以干物质计算20gP/kgDS)，方可允许混合焚烧。

——为了降低从焚烧灰渣中提磷的成本，德国在尝试焚烧会直接用于农业，这就是鼓励污泥单独焚烧的原因。

——在今后的15年内，德国联邦政府和各州政府将推出各种资金补贴措施，促进各种磷回收技术的开，单污泥焚烧和技术性磷回收将成为德国污泥处理处置市场上的主流技术。

随想六：德国污泥处理有什么新要求？

——规模小于5万人口当量的污水厂如果污泥质量符合标准，可以继续作为肥料直接农用。对于这些土地利用的污泥来说，今后除了政府监视之外，还将进一步引入建立污泥质量自管理体系。

——受自管理、有害物质限值、絮凝剂可降解性等愈加严格的限制，德国数量众多的小型污水处理厂，处理产物的农用处置的费用也不会便宜。故很多小型污水处理厂都开始采用太阳能干化装置进行污泥干化处理，然后干泥被收集去单污泥焚烧厂集中处置。

谢谢大家！

与德国相比，我们缺什么？

缺：一丝不苟、踏踏实实的严谨作风！！！！

我们真的需要——实心眼做事！！！！



隧道股份 城建设计集团