



### Abwasserentsorgung im Kanton Zürich (1.4 Mio. EW)

- 72 öffentliche Kläranlagen (230 Mio. m3 Abwasser)
- 550'000 m3 gefaulter KS
  =100'000 tEKS/a (30% TS)
- Seit 2006 ist Klärschlamm ein Siedlungsabfall, der entsorgt werden muss! (Klärschlammdüngerverbot)





### Damalige Klärschlammentsorgung (bis Mitte 2015)



• Entsorgung erfolgt stark regional.

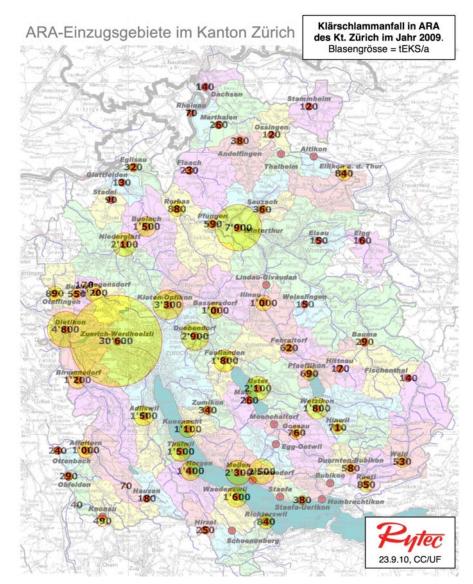
Entsorgungspfade:

• MVA: 65%

Zementwerke: 10%

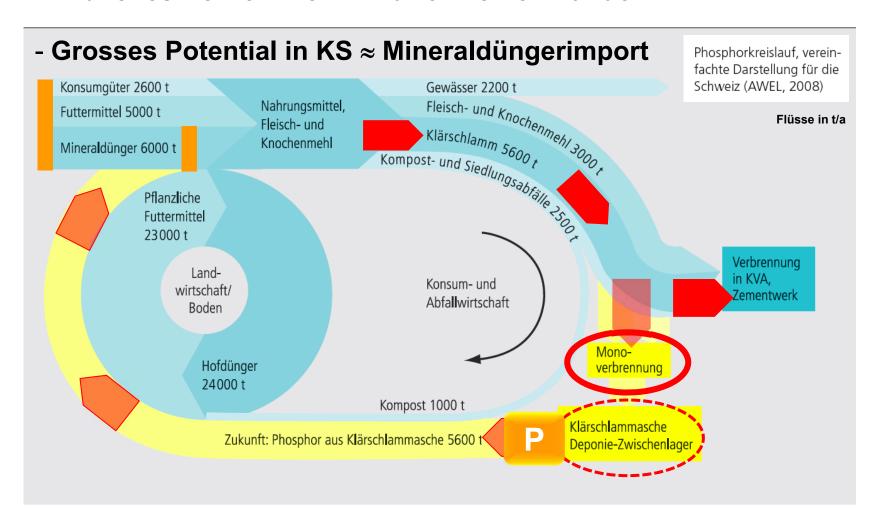
Kleinere/ältereMonoverbrennungsanlagen 25%

 Entsorgungsengpässe ab 2015.



# Erkenntnisse zu Phosphor: Wertvollste Ressource im Klärschlamm (KS)

- Essentieller Nährstoff für Mensch und Tier
- Endliches Vorkommen in nur einzelnen Ländern



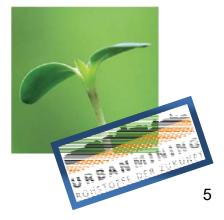
# Phosphorrückgewinnung als Teil des Massnahmenplans Abfall- und Ressourcenwirtschaft 2007-2011





Ziel 1 Ressourcen schonen, Ressourcen nutzen

Klärschlamm soll so verwertet werden, dass eine spätere Nutzung des Phosphoranteils möglich ist.



## 2. Phosphor-Mining:

Strategie und Umsetzung der Klärschlammentsorgung mit

P-Rückgewinnung im Kanton Zürich



### Von der Strategie (2007)....



Regierungsratsbeschluss 572/2007 setzt klare Rahmenbedingungen für Klärschlammentsorgung:

Rahmenbedingungen bilden Festlegungen zur Phosphorrückgewinnung und Energienutzung.

Planung zukünftiger Entsorgungswege ist so auszurichten, dass:

- die (<u>spätere</u>) Rückgewinnung des Wertstoffes Phosphor möglich ist.
- **erneuerbare Energie**, unabhängig vom Ort der Behandlung, **wirtschaftlich optimal** genutzt wird.

...zur Umsetzung (bis heute)...

# Erster Wichtiger Schritt: Umfeldbeobachtung (2008-2009):



P-Rückgewinnungsverfahren/Alternative Entsorgungsketten



29 technische Verfahren (Stand 2009)

Integriert in 6 Entsorgungsketten

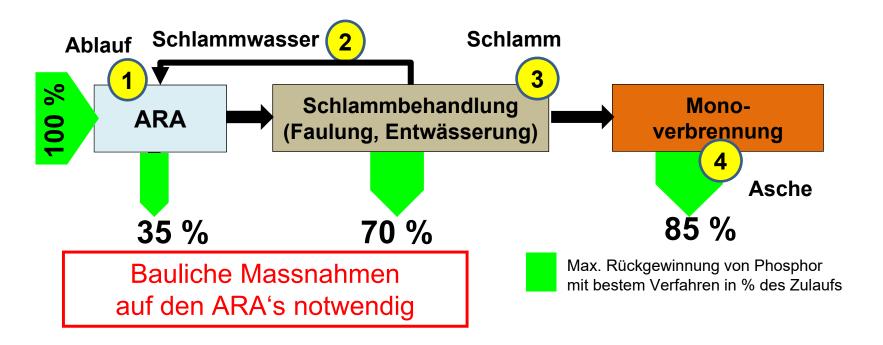
### Bewertungskriterien:

- Wirtschaftlichkeit
- Energienutzung
- P-Rückgewinnungsgrad

### Resultat der Abklärungen (2009) bezüglich Phosphorgewinnung aus dem Abwasserpfad



Grundsätzlich 4 mögliche Orte der P-Nutzung in der ganzen Entsorgungskette:



Fazit: Die Monoverbrennung erfüllt die vorgegebenen Kriterien bzgl. Gilt auch heute grundsätzlich noch! Stand der Technik, P-Rückgewinnung, Energie und CO<sub>2</sub> am besten!

# Planung und Bau der neuen zentralen Klärschlammverwertung im Klärwerk Werdhölzli







# 3. Abklärungen zur P-Rückgewinnung aus KSA



Seit 2011 läuft Evaluation der Machbarkeit der direkten P-Rückgewinnung aus der Klärschlammasche (KSA)



Klärschlammasche mit Phosphor (Quelle: AWEL)

### Ziele des Phosphor-Mining

#### Kreisläufe:

- Effiziente Phosphorrückgewinnung
- Optimale Schwermetallentfrachtung
- Stoffliche Verwertung der Mineralik
- > Fällmittelrückgewinnung für ARAs

#### Verfahren:

- Robust und stabiles Verfahren
- Konstant hohe Qualität der Produkte
- ➤ Hohe Anlagenverfügbarkeit

### Die Vision vom Dünger



#### Klärschlammasche



Phosphor als Dünger in den

Kreislauf zurückführen



Quelle: AWEL





Quelle: Leachphos-Grossversuch (BSH/AWEL), Labor- und Feldversuche (Agroscope)

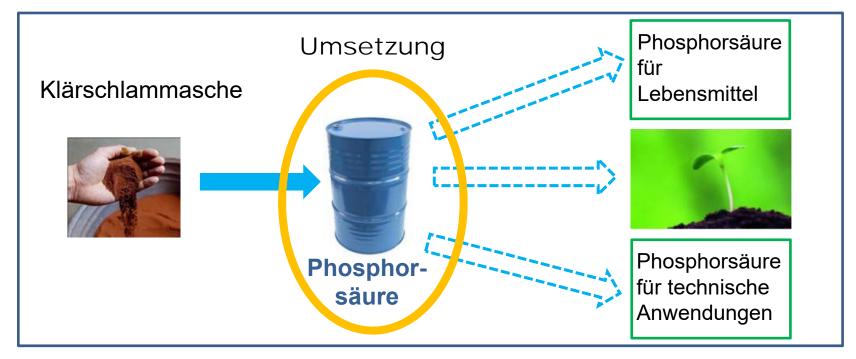
# Verfahrensevaluation und Machbarkeit der P-Düngerproduktion aus KSA mit Labor- und Feldversuche:

### Erkenntnisse im Herbst 2013 bzgl.

Nass.-chem. P-Extraktion (Leachphos, BSH) als favorisiertes Verfahren

- ist technisch machbar (Grossversuch)
- enthält interessante
  Optimierungspotentiale

### Richtungsentscheid Mitte 2014: Ziel: Marktfähiges Produkt Phosphorsäure



Quelle: AWEL

### Laufende Abklärungen:

1) Durch die Stiftung ZAR Hinwil/Zuchwil



STIFTUNG ZENTRUM FÜR NACHHALTIG ABFALL- UND RESSOURCENNUTZUNG

2) Wahl der Solventextraktion



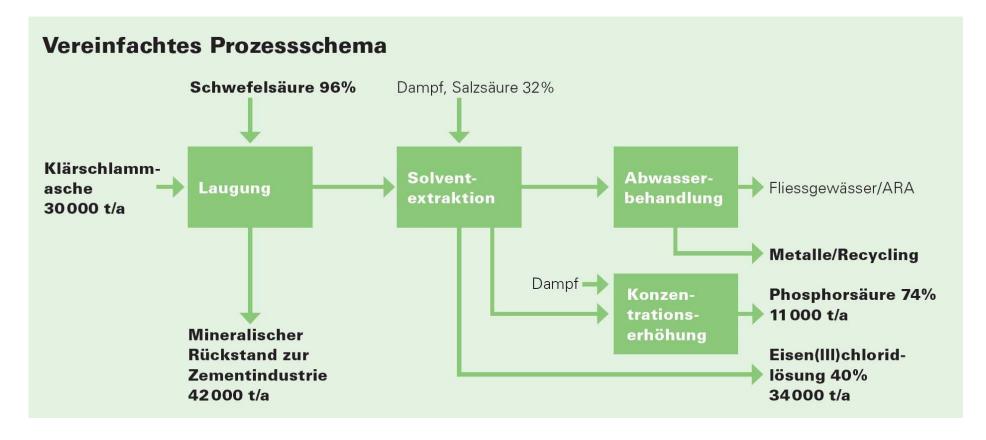
4) Labor- (2015) und Pilotphase (Seit 2016)



### Das Verfahren: 4







### Mehr Infos auf Homepage von:



STIFTUNG ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE ABFALL- UND RESSOURCENNUTZUNG

→ https://zar-ch.ch/zar/publikationen/referate/p-tagung/

### Projektstand P-Mining (P4L) heute





- Micro-Pilotplant-Pilotierung für Phosphorsäureproduktion zeigte:
   Zielvorgaben lassen sich umsetzen.
- Businessplan 1.0.
  wurde im Feb. 2017 erstellt.
- Pilotierung (24-Stund-Betrieb, Mo.-Fr.) seit Ende 2017 bis Sommer 18:
   → Anspruchsvolle Zielvorgaben lassen sich erfüllen.
- Abschlussbericht in Arbeit (Fertigstellung Ende 2018).

## Pilotierung in Madrid, 2018





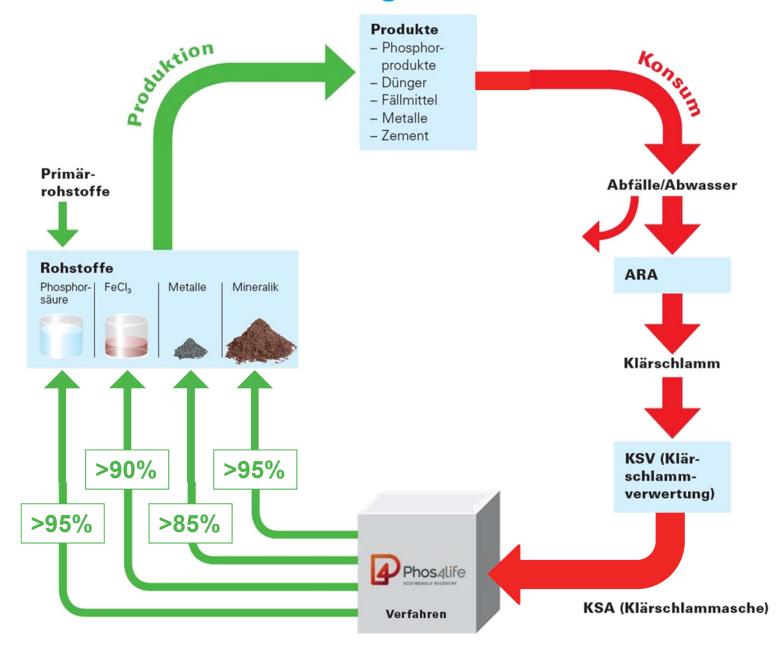
### Pilotierung in Madrid, 2018





### Stoffkreisläufe werden geschlossen





### Ökologie

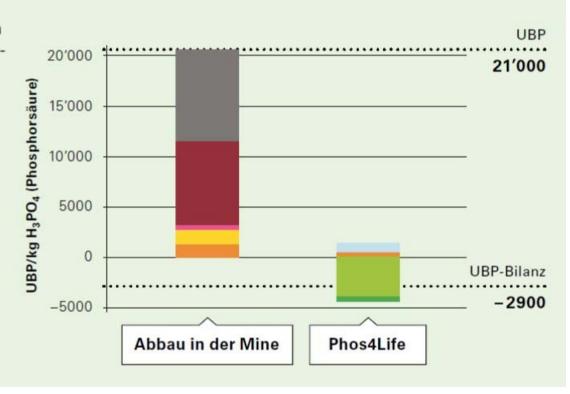


### Phos4Life-Verfahren ist viel ökologischer als Abbau in der Mine

In der Ökobilanz generiert der Abbau in der Phosphatmine 21'000 Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Kilo Phosphorsäure, während Phos4Life mit minus 2900 UPB die Umwelt schont.

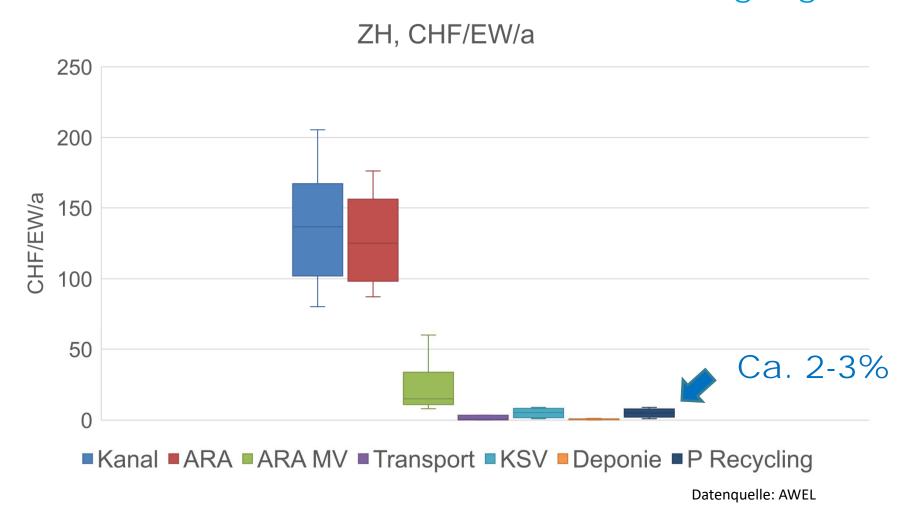
- Rückstand aus Reinigung
- P-Gips Deponierung
- Rohphosphatabbau
- Schwefelsäure
- Transport, Energie, weitere BM
- Salzsäure
- Gutschrift Eisen-III-chlorid-Lösung
- Gutschrift Zementwerk

Quelle: ETH Zürich (Mehr & Hellweg, 2018)



### Kosten ...und im Vergleich zu den Gesamtkosten der Abwasserreinigung





D.h. 5 CHF/EW.a oder 5 Rp./m3 Abwasser......

### Nächster Schritt: Vorprojekt an konkretem Standort



- Abschlussbericht in Arbeit (Fertigstellung Ende 2018).
- Vorprojekt mit Kostenschätzung +/- 30% Genauigkeit als Basis für Investitionsentscheid für einem konkreten Schweizer Standort (Emmenspitz, SO).





### 4. Fazit

- Bzgl. der Klärschlammverwertung wird das Vorsorgeprinzip konsequent umgesetzt.
- Die P-Rückgewinnung aus dem Abwasserpfad ist ein integrales Element der KS-Verwertung.
- P-Recyclingverfahren sind nur sinnvoll, wenn marktfähige Produkte erzeugt werden können.
- Mit der verfolgten Strategie können relevante Ressourcen (Phosphor, Energie) optimal genutzt und Rückstände minimiert werden.
- Das P4L-Verfahren erfüllt gemäss Pilotierung die anspruchsvollen Zielvorgaben und ist trotz Mehrkosten eine sehr ökoeffiziente Massnahme.
- Die Entsorgungssicherheit ist jederzeit gewährleistet.
- Um bis Ende 2025 eine Umsetzung zu gewährleisten, ist geplant mit Partnern ab 2018 ein Vorprojekt am Standort Emmenspitz in Angriff zu nehmen.







