



Process Safety

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

Nitrifizierung von Urin, ein Thema für die Prozesssicherheit

M. Schwaninger
17.09.2015

Hintergrund



Process Safety



Projekt-VUNA (Valorisation of Urine
Nutrients) www.vuna.ch

Projekt-Ziele:

- Gebrauch von Toiletten promoten
- Düngerherstellung
- Umweltschutz – Emmissionsreduktion

Involvierte Institute:

- EAWAG, Dübendorf
- eThekwini Water & Sanitation, Durban
- UKZN (Universität in Durban)
- ETHZ und EPFL

Sämtliche Inhalte & Bilder aus: Etter, B.,
Udert, K.M., Gounden, T. (editors); VUNA Final
Report. Eawag, Dübendorf, Switzerland

Hintergrund



Process Safety

Verschiedenste Aspekte - mehr als nur Technik...

- Urinbehandlung und Nährstoffrückgewinnung
 - Phosphorrückgewinnung
 - Vollständige Nährstoff-Rückgewinnung mittels Nitrifizierung und Destillation
 - Elektrolyse
- Akzeptanzförderung der Urinsammlung, Schulungskonzepte
- Logistik, Organisation der Sammelstellen, Transport
- Tox-Studien: z.B. Inaktivierung von Pathogenen, Hygienekonzepte
- Businessplan für Düngerproduktion
- Dünger als Produkt (Kommerzialisierung, Verkauf, Qualität)
- Gesundheits- und Hygieneschulungen

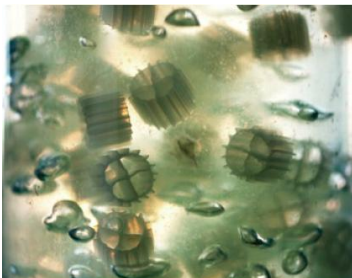
Prozess



Process Safety

1. Stabilisierung von Ammoniak durch biologische Nitrifizierung (bakteriell)

- > Verhinderung von Stickstoff-Verlust
- > Desodorierung



Plastik-Füllkörper als Träger für die Nitrifizierungs-Bakterien



Prozess



Process Safety

2. Zwischenlagerung
3. Batch-Destillation (in kommerziell erhältlicher Destillationsapparatur mit Energierückgewinnung)

- > Konzentration aller Nährstoffe in einem Produkt
- > 97% Wasseranteil entfernen
- > thermische Deaktivierung von pathogenen Keimen (80°C über mehrere Stunden)
- > Endprodukt: konzentrierte Nährstofflösung
- > Dest. Wasser als Nebenprodukt



Destillationsapparatur von KMU
LOFT Cleanwater, Deutschland

Swiss Process Safety GmbH - Ein Unternehmen der TÜV SÜD Gruppe. 15.09.2015

Folie 5

TUV®

Prozess



Process Safety



- 3 Pilot-Anlagen:
- 1 in Dübendorf (EAWAG)
 - 2 in Südafrika

Kennzahlen:

Stickstoff Rückgewinnung	> 99 %
Rückgewinnung anderer Nährstoffe (z.B. P, K)	100 %
Flüssigdünger produziert aus 1000 L Urin	30 L
Elektrizitätsverbrauch bei Destillation	80 Wh/L Urin
Elektrizitätsverbrauch bei Nitrifizierung	50 Wh/L Urin
Destillations-Temperaturbereich (Sdp. bei 0.5 bar)	80 to 85 °C

Swiss Process Safety GmbH - Ein Unternehmen der TÜV SÜD Gruppe. 15.09.2015

Folie 6

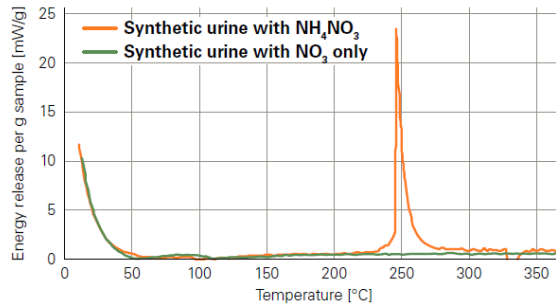
TUV®

Sicherheitsuntersuchungen



Process Safety

- Thermische Stabilitätsmessungen mit Radex-Screening



- Versuche mit echten und synthetischen Proben (16), z.B. mit Zusatz von Ammoniumnitrat, Kaliumnitrat, anorg. Stickstoff, Chloride, org. Kohlenstoff, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}/\text{PO}_4^{3-}$, um Grenzwerte zu ermitteln
- Statistische Auswertung (fractional factorial design) zur Identifizierung der relevanten Parameter durch EAWAG

Swiss Process Safety GmbH - Ein Unternehmen der TÜV SÜD Gruppe. 15.09.2015

Folie 7

TÜV®

Sicherheitsuntersuchungen



Process Safety

Ergebnisse

- Destillation mit Entnahmeanteil 97% => konz. Lösung ohne festen Rückstand
- Cl^- katalysiert Ammoniumnitrat Zersetzung bereits in kleinen Mengen
-> teilweise Entsalzung bringt keine Verbesserung
- Phosphate und Carbonate wirken als Stabilisatoren
- Nitratformulierungen ohne NH_4^+ sind unkritisch bis 360°C, bzw.
- Organischer Kohlenstoff hat keinen Einfluss in entsprechenden Konzentrationen
- Bei unvollständiger Nitrifizierung entsteht konz. Nitrit-Lösung
-> kritischeres Zersetzungsverhalten

Swiss Process Safety GmbH - Ein Unternehmen der TÜV SÜD Gruppe. 15.09.2015

Folie 8

TÜV®

Sicherheitsuntersuchungen



Process Safety

Kinetische Auswertungen:

- > Beurteilung der **maximalen Prozesstemperatur**
- > maximale Lagertemperaturen, bzw. Gebindegrösse

Ergebnisse:

	Maximale Prozesstemperatur
Ammoniumnitrat fest	96°C
Ammoniumnitrat flüssig (in Lösung)	165°C
Nitrat fest	> 360°C