

Optimierung der Herstellung und Lagerung von Salzlösungen

Mike Fensterseifer

Inhalt

Ausgangslage

Definition von Versorgungssicherheiten

Salzlöseanlagen (Wirtschaftlichkeit / Anforderungen)

Fazit

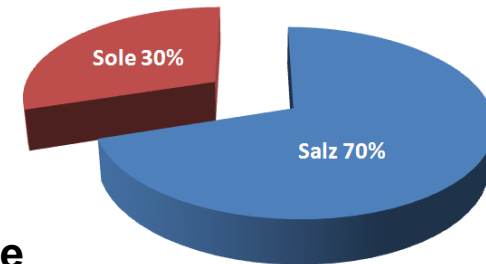
Ausgangslage

HISTORIE

- **Feuchtsalzstreuung** wurde in den **70er Jahren entwickelt** (Anton Bauer; AM Kaisersesch)
- **Seit 90er Jahren** Beginn einer **flächendeckenden Umsetzung** im Winterdienst

HEUTE

- **Feuchtsalzstreuung (FS 30)** als **Standardverfahren etabliert**
- Eingesetzte Salzlösungen sind **CaCl₂-Sole**, **MgCl₂-Sole** und **NaCl-Sole**
- **Flüssigstreuung (FS 100)** ist für **Präventiv- und leichten Streueinsatz** nahe 0 °C **optimal**
- → **Sukzessive Umsetzung der Flüssigstreuung (FS100) in der Praxis**



SCHLUSSFOLGERUNG / ZIELE

- **Versorgungssicherheit** muss auch für **Salzlösungen** gegeben sein
- **Bemessungskonzept** muss **Versorgungssicherheit** und **Wirtschaftlichkeit** berücksichtigen

Versorgungssicherheiten

GRUNDSÄTZE / BEMESSUNGSKONZEPT

- **Meistereien/Betriebshöfe** müssen für effizienten Winterdienst **stetig mit Salzlösung versorgt sein**
- **Tausalösungen** können **von Lieferanten bezogen** werden
- **MgCl₂ und CaCl₂** werden generell in **höherer Konzentration bezogen** und vor Ort heruntergemischt
- **Tausalösungen** können **auch über Eigenherstellung** produziert werden
- In der Regel werden hierfür **NaCl-Salzlöseanlagen** eingesetzt
- **Bezug fertiger Sole und die Eigenherstellung** werden häufig bei Straßenbauverwaltungen **in Kombination** eingesetzt
- Bei einem **Bemessungskonzept** muss eine **langfristige** und eine **kurzfristige Versorgungssicherheit** berücksichtigt werden

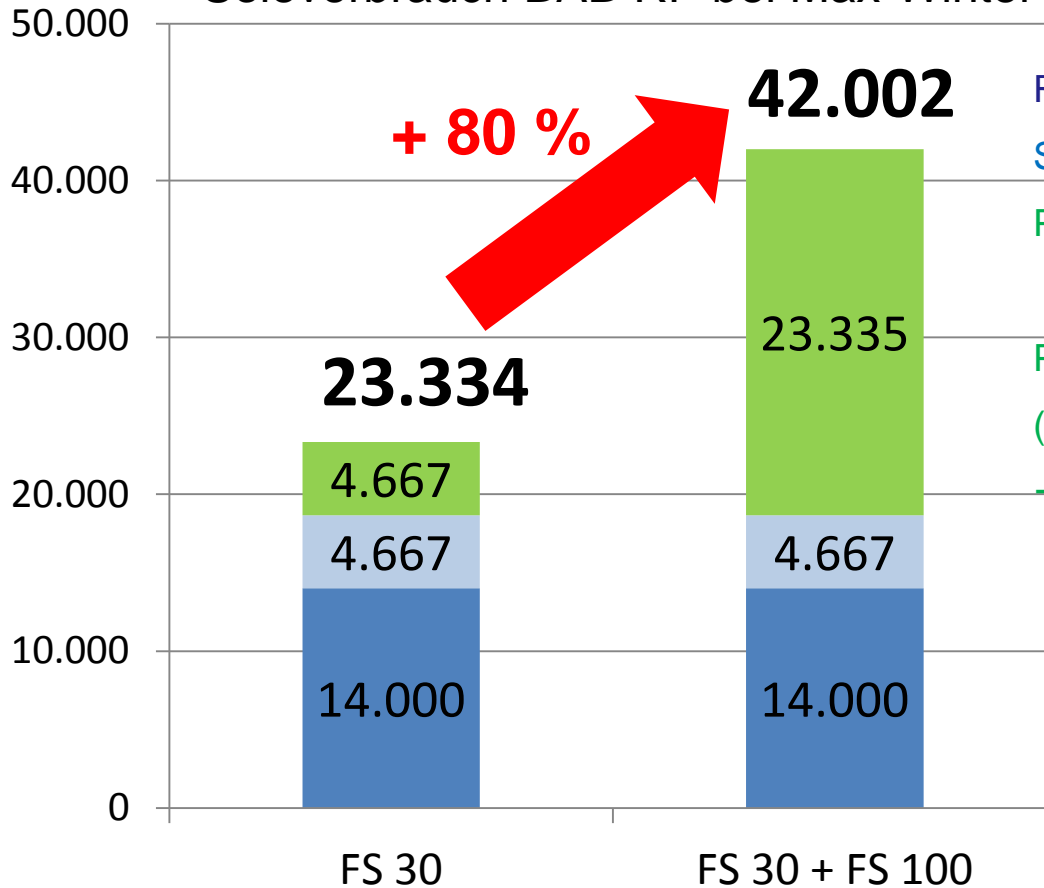
Langfristige Versorgungssicherheit

LANGFRISTIGE VERSORGUNGSSICHERHEIT (LIEFERVERTRÄGE)

- **Lieferverträge** müssen so fixiert werden, dass der Bedarf eines **Maximalwinters gedeckt** ist
- Bei der Variante der **Eigenherstellung** muss der für die Herstellung von Tausalzlösungen **benötigte Salzbedarf berücksichtigt** werden
- → Bei **komplette Umstellung auf NaCl-Sole in Eigenherstellung erhöht** sich der bisherige **Maximalbedarf an Streusalz um knapp 9 Prozent** (rechnerisch 8,57 %)
- $$\text{Max. Bedarf}(\text{neu}) = \text{Maxbedarf}(\text{alt}) * \frac{30\%(\text{Anteil Sole in FS30})}{70\%(\text{Anteil Salz in FS 30})} * 20\%(\text{Anteil Salz in Sole})$$
- Der Einsatz von **FS100** für den Präventiveinsatz **führt maximal zu einer Verdoppelung** des **bisherigen Maximalbedarfs** an Tausalzlösung

Langfristige Versorgungssicherheit

Soleverbrauch BAB RP bei Max-Winter (to) → bisher 23.334 to (bei FS 30)



Räumeinsatz = 60% Gesamtverbrauch

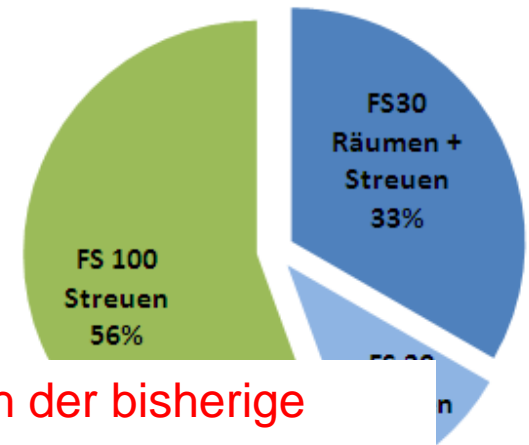
Streueinsatz FS 30 = 20 % Gesamtverbrauch;

Präventiveinsatz FS 30 = 20 % Gesamtverbrauch

Präventiveinsatz FS100 = 20 % Gesamtverbrauch

(15 g/m² FS100 ersetzen 10 g/m² FS30)

→ 15 g Sole /m² ersetzen 3 g Sole/m² → Faktor 5



Fazit: Durch Präventivstreuung mit FS 100 kann sich der bisherige Maximalbedarf an Sole nicht mehr als verdoppeln

Kurzfristige Versorgungssicherheit

KURZFRISTIGE VERSORGUNGSSICHERHEIT

- **Versorgungssicherheit** für ein **3-tägiges intensives Winterereignis**
- **Bemessungsfall** ist eine **Lieferung** von **Tausalzlösung** bzw. eine **Reparatur** einer defekten **Salzlöseanlage** innerhalb von **3 Tagen**
- **Dementsprechend** muss **Dimensionierung** von **Lagervolumen** und **Löseleistung** erfolgen
- **Solebedarf** ist **abhängig von** zu betreuender **Fahrbahnfläche** bzw. **Netzlänge**
- **Bemessungsfall** ist hierbei der **durchgängige Räum- und Streueinsatz**
- Hierbei wird **pro Einsatz** (Durchgang) von einer **Streudichte** von **20 g/m²** ausgegangen
- Die **Einsatzhäufigkeit** ist **von** der **Straßenklasse abhängig**

Kurzfristige Versorgungssicherheit

KURZFRISTIGE VERSORGUNGSSICHERHEIT (FGSV-TABELLE)

Kategorie	Anzahl Einsätze	Soleverbrauch pro m ²	Soleverbrauch pro km	
Bundesautobahnen	15 Einsätze	90 g/m ²	1,20 to	BW-km
Bundes-, Landes-, Kreisstraßen	12 Einsätze	72 g/m ²	0,50 to	km Netz
Kommunale Straßen	9 Einsätze	54 g/m ²	0,35 to	km Salznetz

Beispiel BAB:

15 Einsätze x 20 g/m² = 300 g/m² FS 30

300 g/m² * 30 Prozent = 90 g Sole pro m² → Bemessungsfall

Tägl. Präventivstreuung mit FS100 (15 g/m²)

3 Einsätze X 15 g/m² = 45 g Sole pro m²

Kurzfristige Versorgungssicherheit

Beispiel BAB:

15 Einsätze x 20 g/m² = 300 g/m² FS 30

300 g/m² * 30 Prozent = 90 g Sole pro m²

FB-Fläche AM = 1.250.000 m² → 112,5 to → 94.000 Liter Gebrauchslösung

- **Lagervolumen** der Lagertanks muss **bei NaCl-Sole mindestens 94.000** Liter betragen
- Erforderliche Lagertanks sind von der **Art** und **Konzentration** der Tausalzlösung abhängig
 - **CaCl₂-Sole** (33% → 20%): **ca. 55 %** des **errechneten Wertes** → hier 52.000 Liter
 - **MgCl₂-Sole** (30% → 20%): **ca. 66%** des **errechneten Wertes** → hier 62.000 Liter
- **Mindestlagervolumen** von **Einzel tanks** (Stützpunkten) sollte wegen Nachlieferung **30.000 Liter nicht unterschreiten**

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER ERFORDERLICHEN LÖSELEISTUNG

(Löseleistung sollte dem Max-Verbrauch eines Einsatztages entsprechen)

BAB

1 x Präventiveinsatz FS 100 (15 g Sole / m²)

6 x Räum- und Streueinsatz FS 30 (6 g Sole / m²) bei 20 g/m² Streudichte

→ 51 g Sole / m² müssen für einen maximalen Einsatztag zur Verfügung stehen

FB-Fläche AM: ca. 1.250.000 m² bei rund 70 km Richtungsfahrbahn

→ 1.250.000 m² x 51 g Sole / m² = 63,75 to pro Tag → 53.125 Liter

→ Erforderliche Löseleistung = 53.125 Liter

→ **Erforderliche Löseleistung pro h = 2.700 Liter / h** (bei 20 h Lösezeit pro Tag)

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER ERFORDERLICHEN LÖSELEISTUNG

(Löseleistung sollte dem Max-Verbrauch eines Einsatztages entsprechen)

Straßenmeistereien

1 x Präventiveinsatz FS 100 (15 g Sole / m²)

3 x Räum- und Streueinsatz FS 30 (6 g Sole / m²) bei 20 g/m² Streudichte

→ 33 g Sole / m² müssen für einen maximalen Einsatztag zur Verfügung stehen

FB-Fläche SM: ca. 1.800.000 m² bei rund 300 km

→ 1.800.000 m² x 33 g Sole / m² = 59,40 to pro Tag → 49.500 Liter

→ Erforderliche Löseleistung = 49.500 Liter

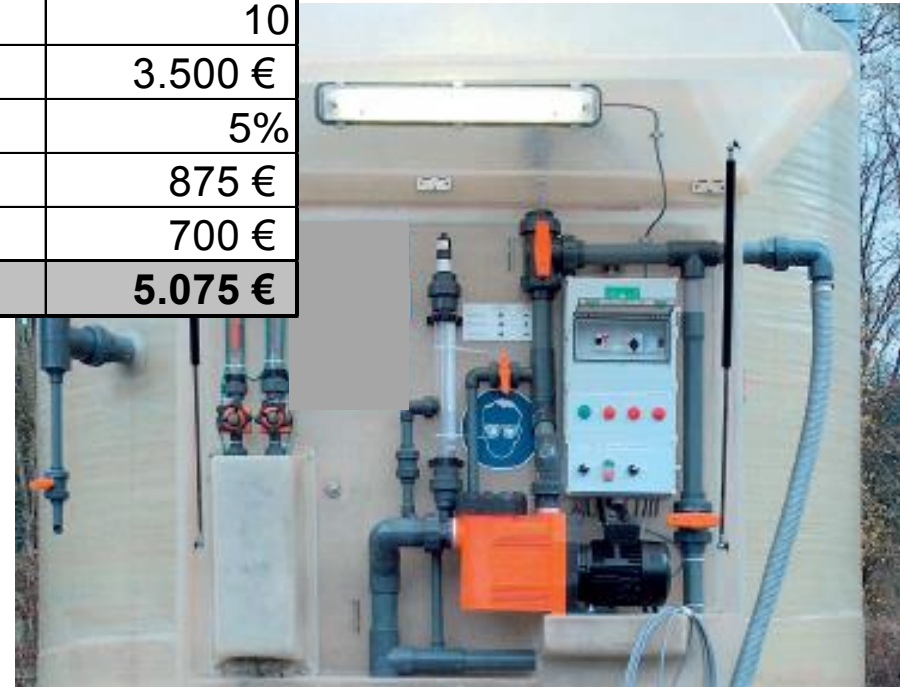
→ **Erforderliche Löseleistung pro h = 2.500 Liter / h** (bei 20 h Lösezeit pro Tag)

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (GEHÖFT)

Fixe Kosten Salzlöseanlage

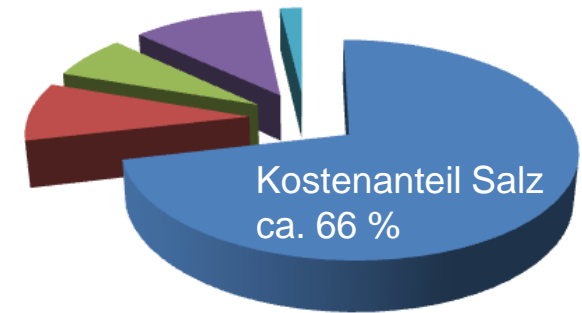
Anschaffungskosten inkl. Fundament + Nebenarbeiten	35.000 €
technische Nutzungsdauer (a)	10
kalk. AfA	3.500 €
kalk. Zinssatz	5%
kalk. Zinsen	875 €
kalk. Instandsetzung (2%)	700 €
Strukturkosten (fixe Kosten Salzlöseanlage)	5.075 €



Salzlöseanlagen

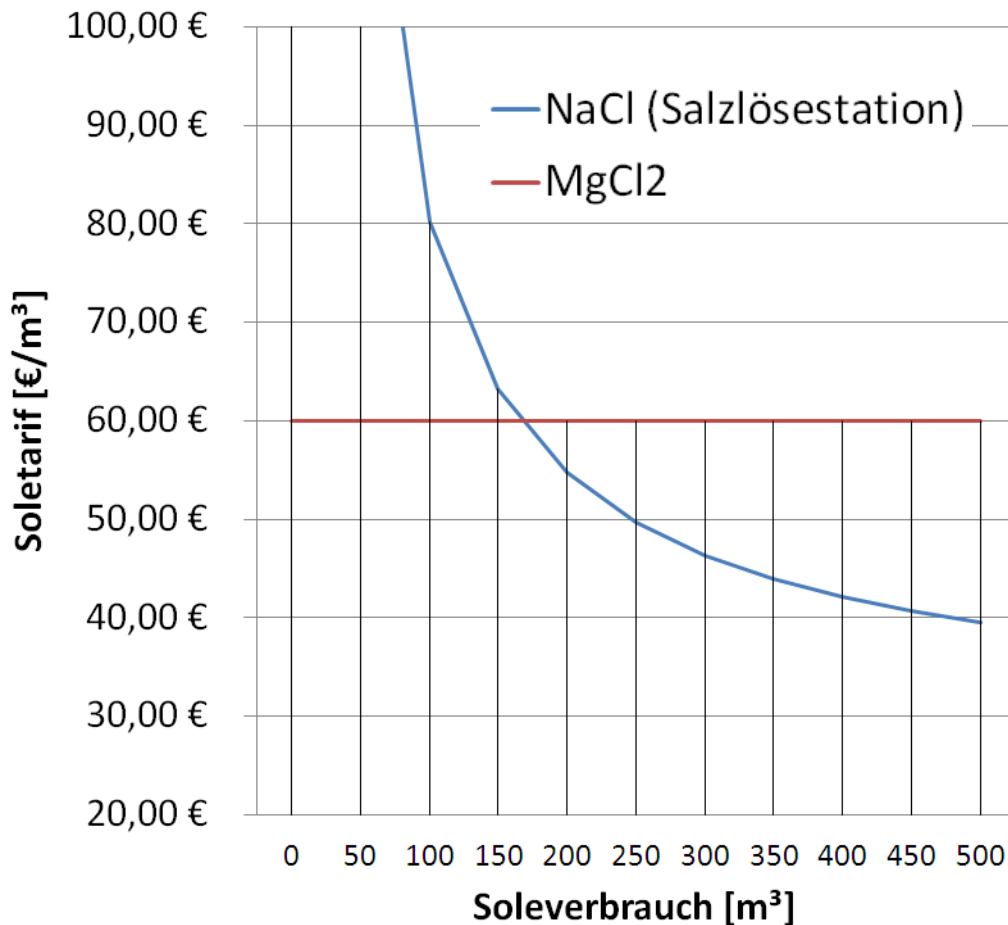
NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (GEHÖFT)

Variable Kosten NaCl-Sole	
Kosten Salz [t]	80,00 €
Kosten Salz pro m³	19,20 €
Kosten Wasser pro m ³	2,40 €
Kosten Strom pro m ³	1,80 €
Kosten Personal pro m ³	5,00 €
Kosten Radlader pro m ³	1,00 €
Variable Kosten (NaCl-Sole) pro m³	29,40 €



Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (GEHÖFT)



Kostenfunktion Soletarif (Salzlösestation)

$$\frac{5.075\text{€} + \text{Verbrauch}[\text{m}^3] * 29,40 \text{€}/\text{m}^3}{\text{Verbrauch} [\text{m}^3]}$$

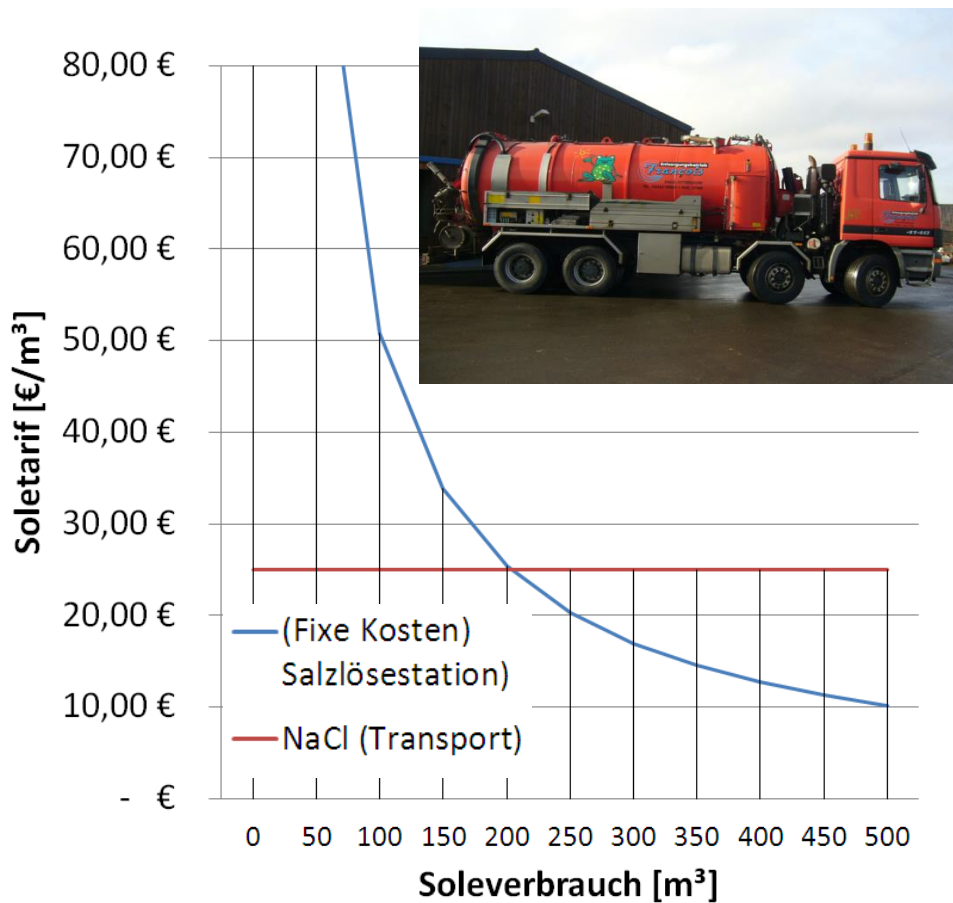
Ansatz MgCl₂ = 60 €/m³ (Gebrauchslösung)

Ab einem Verbrauch von **170 m³ Sole** p.a. rechnet sich eine **Salzlösestation**

NaCl-Sole in **Eigenherstellung** ist generell für **Gehöfte** die **wirtschaftlichste Variante**

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (STÜTZPUNKT)



Salzlösestation ist auf Nachladestützpunkten (unbemannt) derzeit bedingt zu empfehlen

Hier ist der Transport von NaCl-Sole auf den Stützpunkt eine interessante Alternative
→ Transportkosten ca. 25 €/m³
→ Ca. 55 Euro / m³ (Sole inkl. Transport)

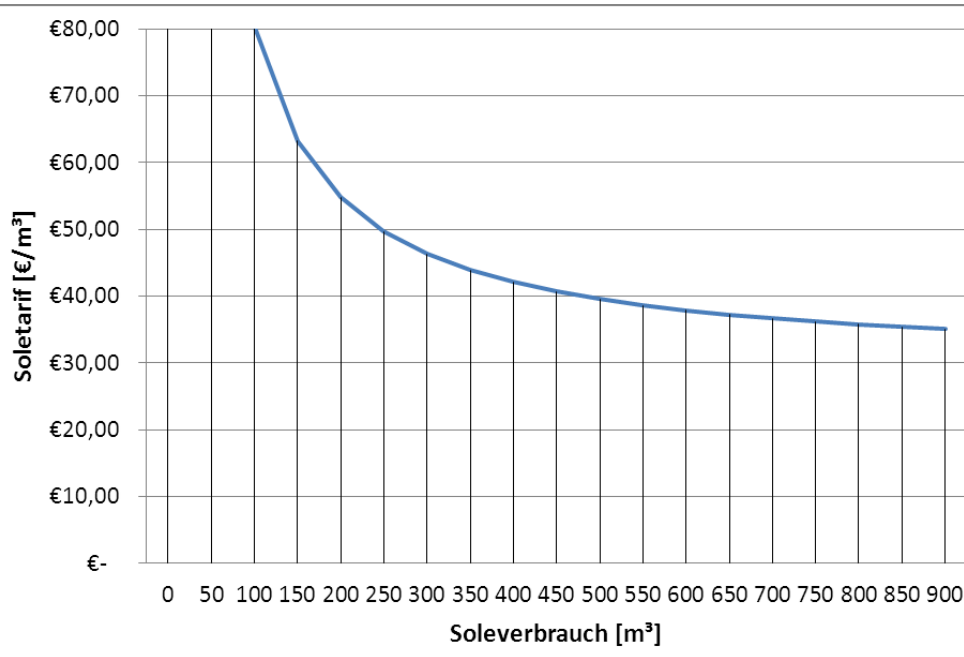
Bei Einsatzstützpunkten rechnet sich ab 200 m³ eine Löseanlage gegenüber der Transportvariante

Unterhalb 170 m³ ist der Solebezug wirtschaftlich

(Zahlen und Empfehlungen beziehen sich auf dieses Beispiel)

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (Flüssigstreuung)



Umsatz Salzlöseanlage p.a.

→ ca. 800 m³

$$\frac{5.075\text{€} + 800 \text{ m}^3 * 29,40 \text{ €/m}^3}{800 \text{ m}^3}$$

= 35,75 €/m³

Folgend wird eine Beispielrechnung

für eine AM mit 1,25 Mio. m² FB-Fläche

durchgeführt

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (Flüssigstreuung)

a.) Bisheriges Verfahren: FS 30 mit 10 g/m² Streudichte

Verbrauch FS 30:	12,5 to FS 30 (1,25 Mio. m ² * 10 g/m ²)
hiervon Salz:	8,75 to (12,5 to FS 30 * 70 %)
hiervon Sole:	3,75 to (12,5 to FS 30 * 30 %)
Kostensatz Salz:	80 Euro/to
Kostensatz Sole:	31 Euro/to (35,75 Euro/m ³ / 1,16 to/m ³)
Kosten Salz:	700 Euro (8,75 to * 80 Euro/to)
Kosten Sole:	116,25 Euro (3,75 to * 31 Euro/to)

Gesamtkosten Präventiveinsatz mit FS 30: 816,25 Euro

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (Flüssigstreuung)

a.) Neues Verfahren: FS 100 mit 15 g/m² Sprühdichte

Verbrauch FS 100:	18,75 to FS 100	(1,25 Mio. m ² * 15 g/m ²)
hiervon Salz:	0	to
hiervon Sole:	18,75	to
Kostensatz Salz:	80	Euro/to
Kostensatz Sole:	31	Euro/to (35,75 Euro/m ³ / 1,16 to/m ³)
Kosten Salz:	0	Euro (0 to * 80 Euro/to)
Kosten Sole:	581,25	Euro (18,75 to * 31 Euro/to)

Gesamtkosten Präventiveinsatz mit FS 100: 581,25 Euro

→ (816,25 € – 581,25 €) / 816,25 € = 29 Prozent Einsparung (im Beispiel)

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT (Flüssigstreuung)

Für die Kosten des Präventiveinsatzes mit FS 30 und mit FS 100 gibt es 2 verschiedene Kostenfunktionen, die mathematisch gleichgesetzt werden können.

FS 30	=	FS 100
$3,75 \text{ to} * x \text{ to Lösung} + 700 \text{ Euro}$	=	$18,75 \text{ to} * x \text{ to Lösung}$
15 to	=	700 Euro
1 to	=	$46,67 \text{ Euro}$

Ab einem Kostensatz von 46,67 Euro/to der gebrauchsfähigen Tausalzlösung kann die Wirtschaftlichkeit von FS 100 nicht mehr eindeutig nachgewiesen werden, wenn man beide Kostenfunktionen gleichsetzt.

Salzlöseanlagen

NACHWEIS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT

FAZIT

- **Wirtschaftlichkeitsnachweis** ist immer eine **Einzelfallbetrachtung**
- Wesentliche **Faktoren** sind
 - Jährlicher **Soleverbrauch** der zu betrachtenden Lagerstätte
 - **Bezugspreis** von **Salz**
 - **Bezugspreis** von fertiger **Sole**
 - **Anschaffungskosten** der **Salzlöseanlage**
- Bei **Gehöften** ist NaCl-Sole in **Eigenherstellung** generell die **wirtschaftlichste Variante**
- Bei **Stützpunkten** ist dies **nicht immer** der Fall
- Neben der Wirtschaftlichkeit muss eine Salzlöseanlage **störungs- und wartungsarm** betrieben werden können

Salzlöseanlagen

ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

- **Füllstandsmesser** an Soletanks sollten die **Soleproduktion ein- und ausschalten**
- Der **Lösevorgang** des Salzes soll größtenteils **automatisiert** ablaufen
- **Vollautomatische Überwachung** der gewünschten **Solekonzentration**
- **Entschlammungs- und Reinigungsprozesse** sollen ebenfalls **automatisiert** ablaufen.
- Die **unlösbaren Bestandteile** sind aus dem Lösebehälter **auszutragen** und in einem zusätzlichen Behälter, der manuell entleert werden kann, an der Löseanlage aufzufangen.
- Durch **Sedimentation** oder durch Einsatz eines **Hydrozyklons** kann der Anteil der **unlösbaren Bestandteile** in der Sole auf **unter 0,03 %** reduziert werden

Fazit

- **Langfristige** Versorgungssicherheit muss für **Lieferverträge** und **kurzfristige** Versorgungssicherheit für Dimensionierung **Lagertanks** und **Soleanlagen** beachtet werden
- Der Einsatz von **FS 100 beeinflusst** nachhaltig die **langfristige Sicherheit**, die **kurzfristige Sicherheit** bleibt **nahezu unberührt**
- Die **Löseleistung** einer modernen Salzlöseanlage sollte **min. 2.500 Liter/h** leisten
- Ein **Höchstmaß an Automatisierung** ermöglicht eine Fokussierung auf das Kerngeschäft (Räumen und Streuen auf der Strecken bzw. Einsatzkoordination)
- **Salzlösestationen** sollten zukünftig **wartungsärmer** und **kompatibel mit verschiedenen Salzqualitäten** sein
- Die **Entwicklung** solcher Geräte muss **weiter** mit Nachdruck **verfolgt** werden

Danke

**VIELEN DANK
FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT**