

Bestandsaufnahme über NF/LPRO-Anlagen in der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland

Forum Wasseraufbereitung 2009
12. November 2009 in Mülheim an der Ruhr

Dr.-Ing. Uwe Müller

Inhalt

- **Einführung**
- **Anlagenkapazität/-standorte**
- **Anlagenkonfiguration**
- **Konzentrate**
- **Trinkwasserqualität**
- **Kosten**
- **NF/LPRO in den Niederlanden**
- **Bewertung**

Ausland: RO Meerwasserentsalzung

Feed-TDS: 30-50.000 mg/L
Feed-Druck: 60-80 bar

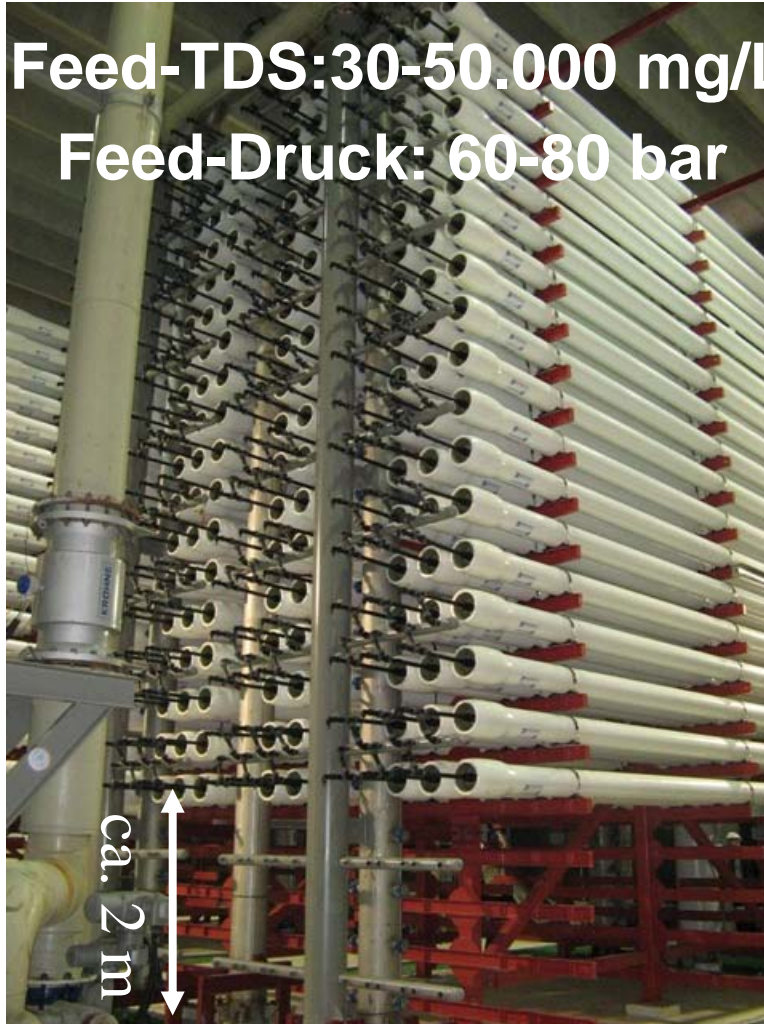


Bild: TZW

D: NF/LPRO Enthärtung/Entsalzung

Feed-TDS: 500-1.500 mg/L
Feed-Druck: 5-12 bar

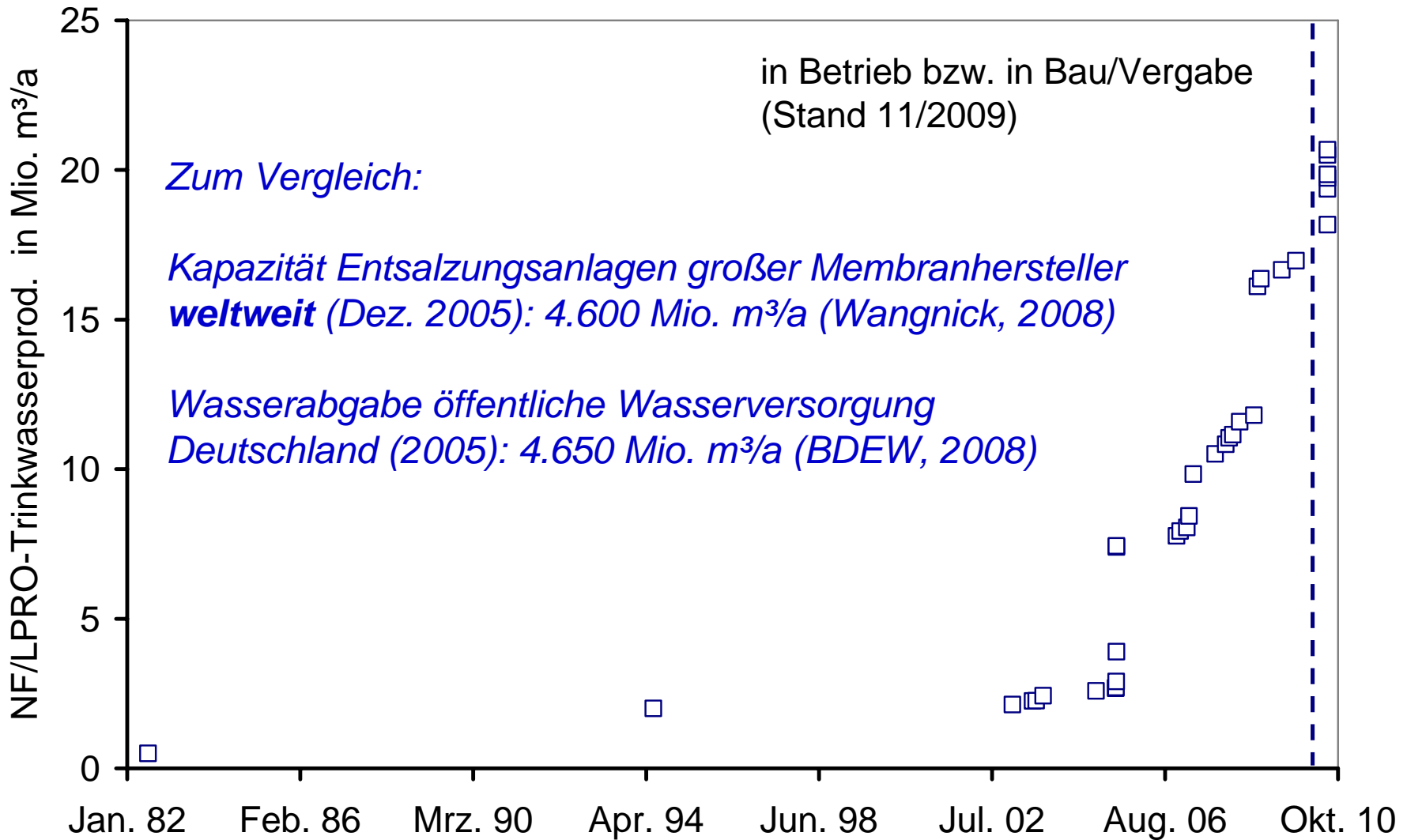


Bild: <http://www.wvg-muehlbach.de>

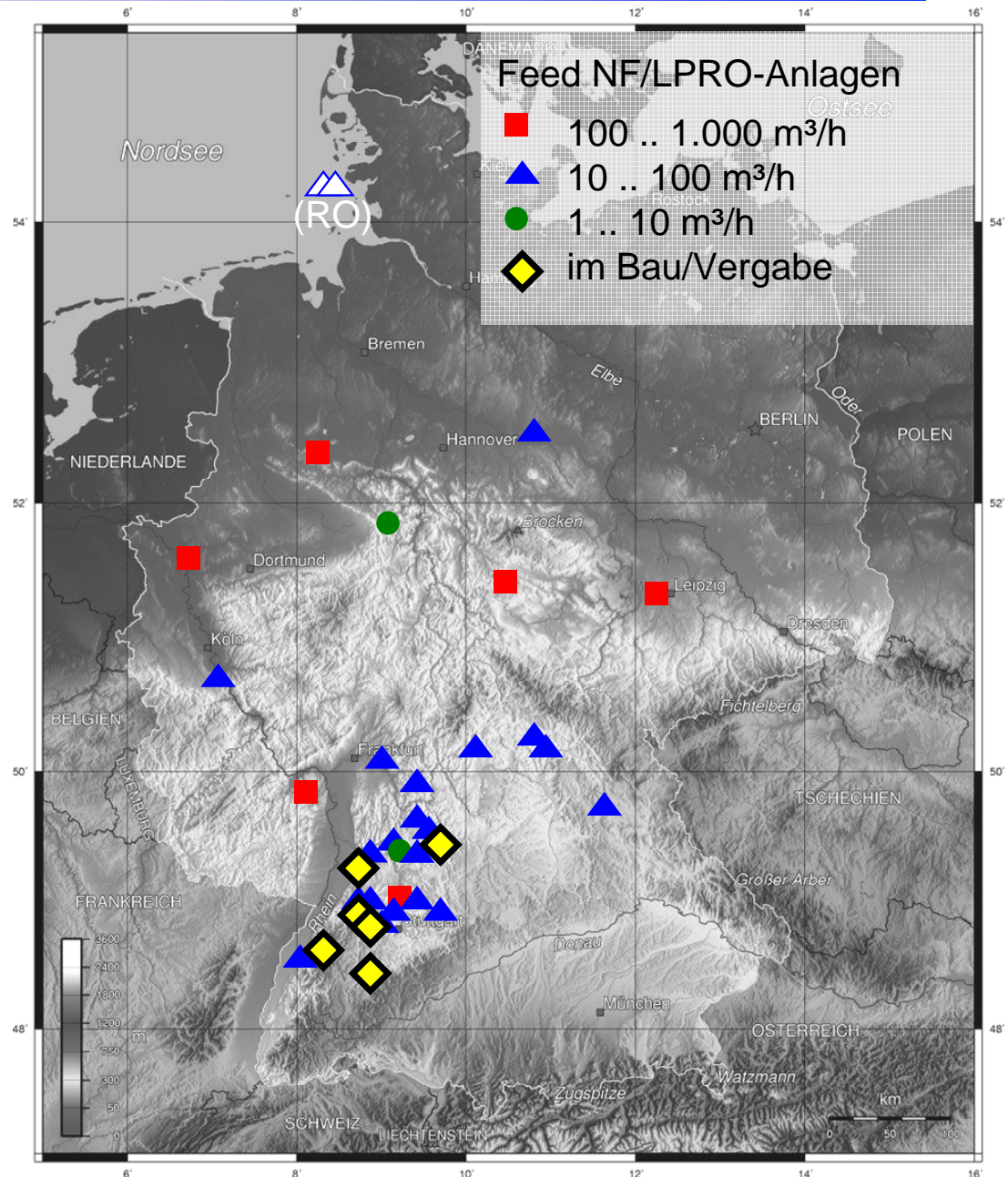
Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- Konzentrate
- Trinkwasserqualität
- Kosten
- NF/LPRO in den Niederlanden
- Bewertung

Entwicklung des NF/LPRO-Anlagenbestandes (öffentliche Wasserversorgung in Deutschland)



Örtliche Verteilung der NF/LPRO-Anlagen



Datenbasis der Bestandsaufnahme

■ Bestand in der öffentlichen Wasserversorgung (Stand 11/2009)

- Mindestens 35 NF/LPRO-Anlagen (davon 6 in Bau/Vergabe)
- Kumulativer Feedstrom: ca. 3.400 m³/h
- Kumulative Trinkwasserproduktion: ca. 21 Mio. m³/a

■ Datenerhebung vor Ort im Jahr 2008

- 19 NF/LPRO-Anlagen
- Kumulativer Feedstrom: ca. 2.500 m³/h
- Kumulative Trinkwasserproduktion: ca. 13,5 Mio. m³/a

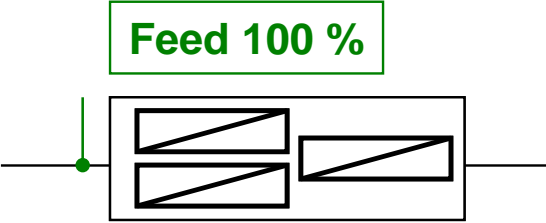
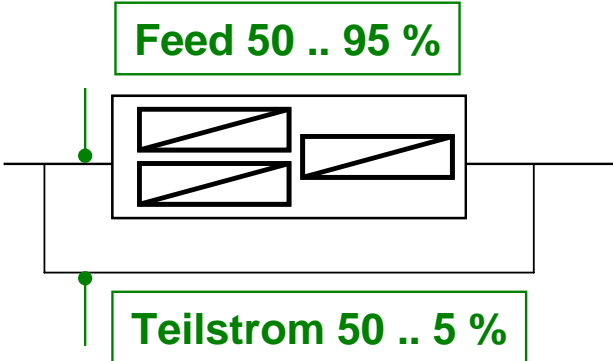
Motivation für NF/LPRO

WVU	Priorität 1	Priorität 2	Spezifikation
1	Enthärtung		
2	Enthärtung	Spurenstoffe	
3	Enthärtung	Entsalzung	Chlorid
4	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat
6	Spurenstoffe	Enthärtung	Pestizide, Arzneimittel, EDTA, MTBE
7	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat, Sulfat
8	Enthärtung	Entsalzung	Sulfat
9	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat
10	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat, Sulfat
11	Enthärtung		
13	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat, Sulfat
14	Enthärtung	Entsalzung	Nitrat
15	Enthärtung		
16	Enthärtung		
17	Enthärtung	Entsalzung	Sulfat
18	Enthärtung	Entsalzung	Sulfat
20	Enthärtung		
23	Entsalzung	Enthärtung	Nitrat
24	Entsalzung	Enthärtung	Nitrat

Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- Konzentrate
- Trinkwasserqualität
- Kosten
- NF/LPRO in den Niederlanden
- Bewertung

Anlagenkonzeptionen

Anlagentyp	Membrantyp
<p>Vollstrom</p>  <p>14 Anlagen @ $Feed_{\Sigma} = 2.100 \text{ m}^3/\text{h}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - LPRO mit folgender Aufhärtung (2 Anlagen @ $Feed = 1.200 \text{ m}^3/\text{h}^{\#}$) - Membrankombinationen NF_{offen} mit NF_{dicht} oder LPRO
<p>Teilstrom</p>  <p>18 Anlagen @ $Feed_{\Sigma} = 1.300 \text{ m}^3/\text{h}$</p>	<p>100 % NF_{dicht} oder LPRO</p>

Aufhärtung einer Anlage derzeit außer Betrieb
Remineralisierung durch Teilstrom

NF/LPRO-Membranflächen

Membran-hersteller	Anzahl Anlagen	Σ Feed m ³ /h	Σ Membran m ²	Σ Membran %
Toray	3	1.100	42.000	45
DOW	12	920	31.000	33
Hydranautics	1	440	14.000	15
Andere#	5	140	7.000	7
Summe	21	2.600	94.000	100

Osmonics/GE, DuPont, Trisep

Extrapolierte NF/LPRO-Membranfläche in der öffentlichen Wasserversorgung in Deutschland: ca. 130.000 m²

Betriebsparameter

Parameter	Einheit	Wert
Druck (Feed)	bar	4,1 – 12,6
Flux	L/m ² /h	21 - 29
Ausbeute	%	70 - 83

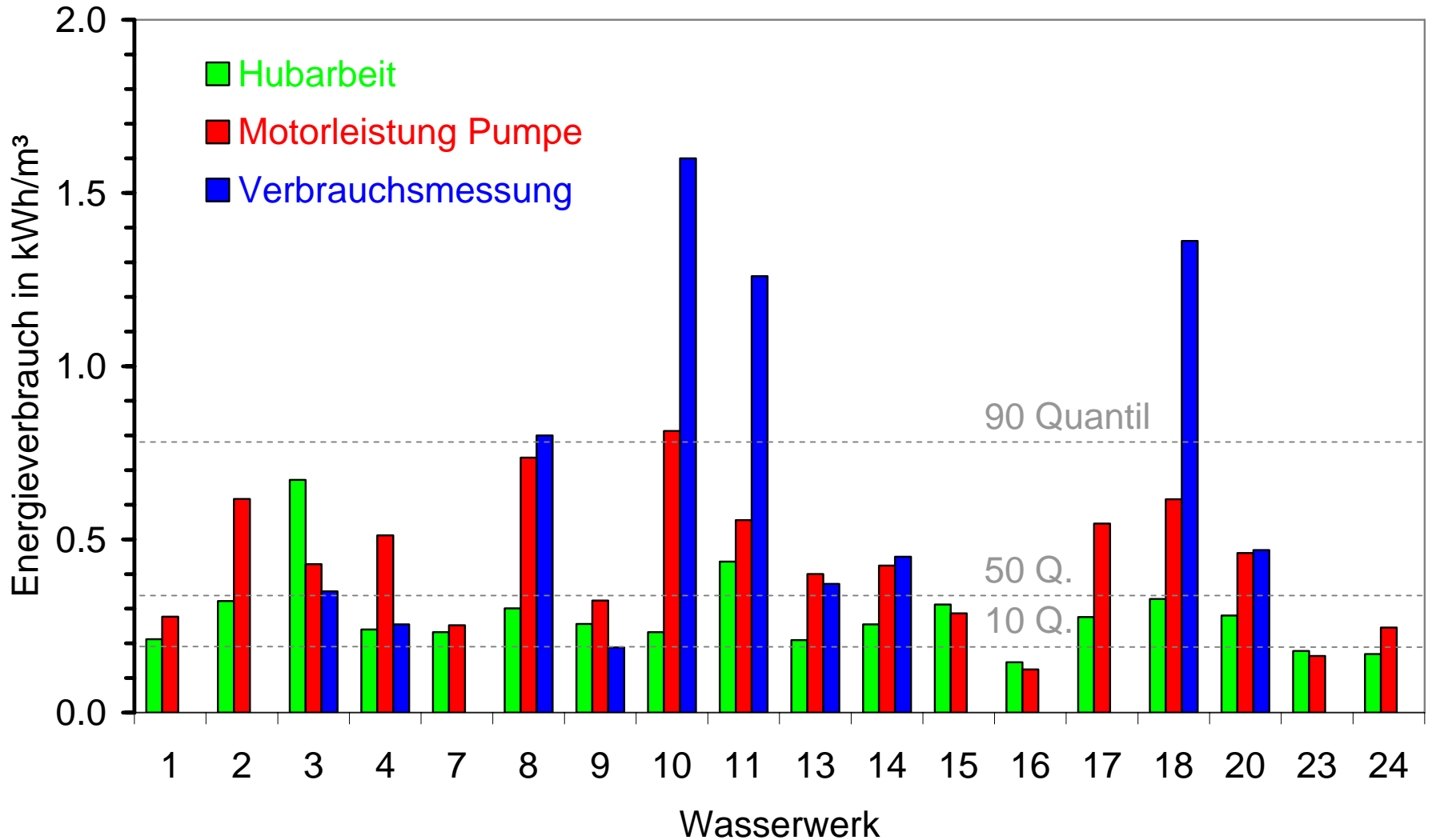
Vorbehandlung Feed

	Anteil der Anlagen in % (n=19)
Antiscalants	70
Absenkung pH-Wert	15
Antiscalant + Absenkung pH-Wert	15
Vorfiltration	teilweise, bei Feed mit Oberflächenwassereinfluss

Nachbehandlung Feed

	Anteil der Anlagen in % (n=19)
mechanische Entsäuerung	94
Aufhärtung	12

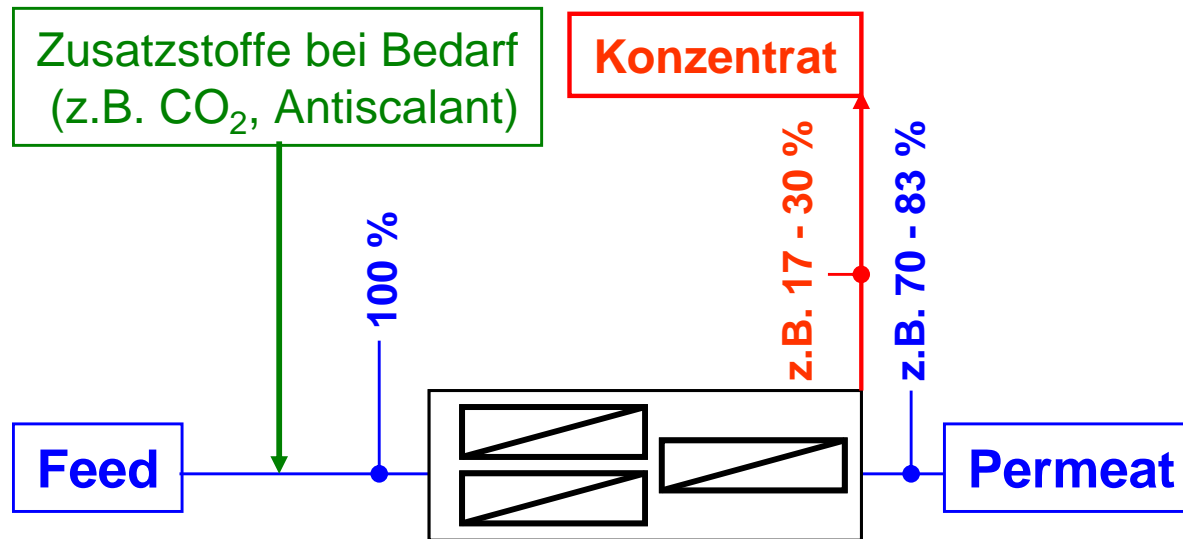
Energiebedarf



Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- **Konzentrate**
- Trinkwasserqualität
- Kosten
- NF/LPRO in den Niederlanden
- Bewertung

Definition Konzentrat



- Mineralisierung (oder Aufkonzentrierung) durch physikalische Prozesse (Partikelabscheidung, Diffusion)
 - Rohwasserinhaltsstoffe
 - Antiscalants
- Konzentrationsfaktor gegenüber Feed
3,3 .. 5,9 @ 70 % .. 83 % Ausbeute

Konzentratbeschaffenheit von 14 Anlagen

		Min.	Median	Max.	TrinkwV	Nordsee
Ca ²⁺	mg/L	198	432	926		400
Cl ⁻	mg/L	35	97	1.548	250	19.900
Härte	°dH	33	88	176		
HCO ₃ ⁻	mg/L	811	1.080	2.298		
Leitfähigkeit	µS/cm	1.060	2.220	4.190	2.500	
NO ₃ ⁻	mg/L	10	37	232	50	0-1.200
pH	-	6,73	7,66	7,89	6,5-9,5	7,5
P (gesamt)	mg/L	0,0	0,4	10,3		5-30
SiO ₂	mg/L	12	23	75		
SO ₄ ²⁻	mg/L	35	540	1.140	240	2.800

TrinkwV = Trinkwasserverordnung

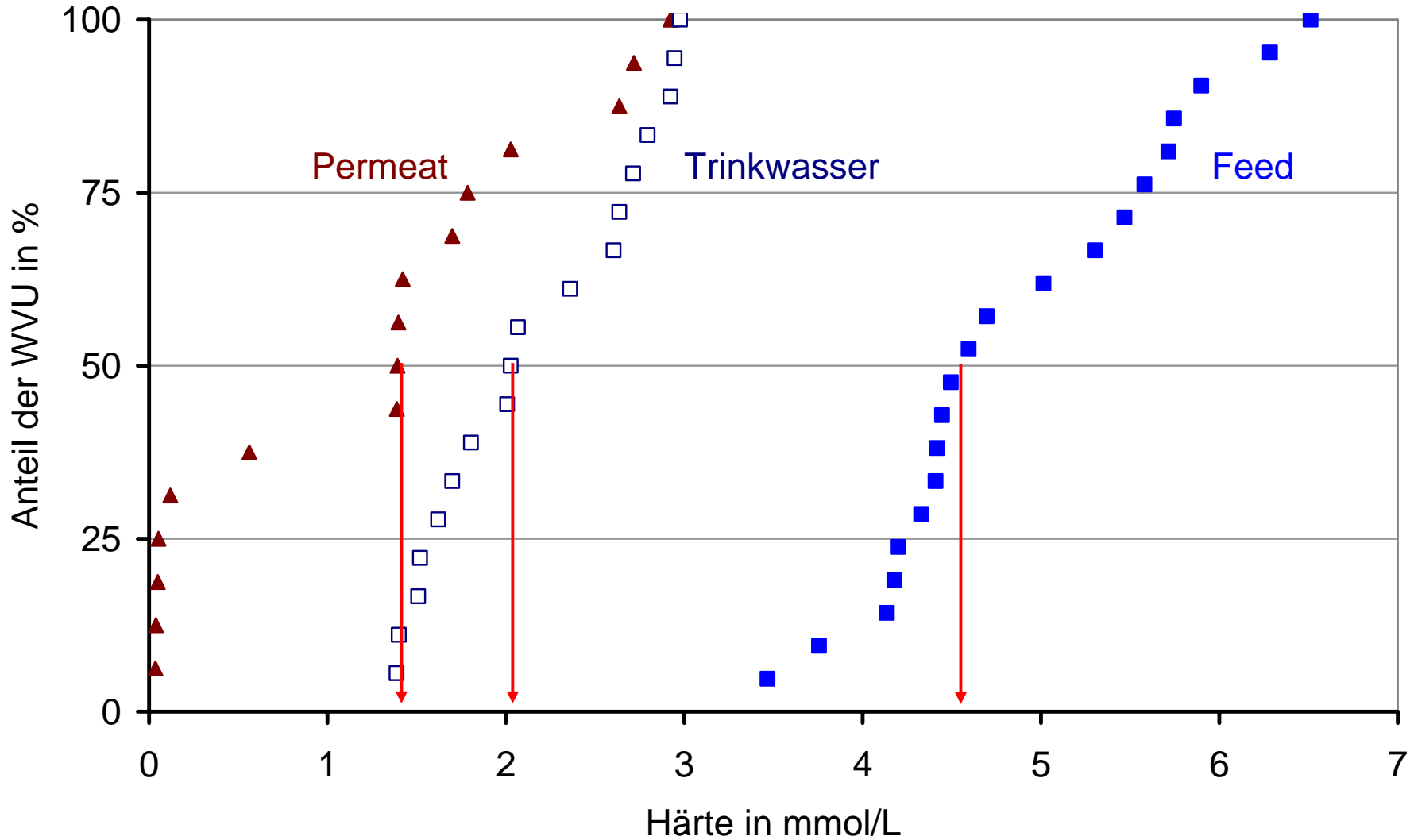
Verbleib der Konzentrate bei 19 Anlagen

WVU	Antiscalant in Feed	Nachbehandlung Konzentrat	Konzentrat-ableitung	QKonzentrat : QVorfluter
1	ja	keine	Vorfluter/Kläranlage	1 : 900
2	nein	keine	Vorfluter	1 : 2
3	ja	Sammelbehälter	Kläranlage	-
4	ja	keine	Vorfluter	1 : 1.500
6	ja	keine	Vorfluter	1 : 85.000
7	ja	keine	Vorfluter	-
8	ja	keine	Vorfluter	1 : 200
9	ja	keine	Vorfluter	1 : 40.000
10	ja	keine	Vorfluter	1 : 220.000
11	nein	keine	Vorfluter	1 : 1.000
13	ja	Pufferbecken	Vorfluter	-
14	ja	keine	Vorfluter	1 : 70
15	ja	keine	Vorfluter	-
16	ja	Verschnitt Schlammwasser UF	Vorfluter	-
17	nein	keine	Vorfluter	1 : 7.000
18	ja	keine	Vorfluter	-
20	ja	keine	Vorfluter	-
23	ja	keine	Vorfluter	-
24	ja	keine	Vorfluter	-

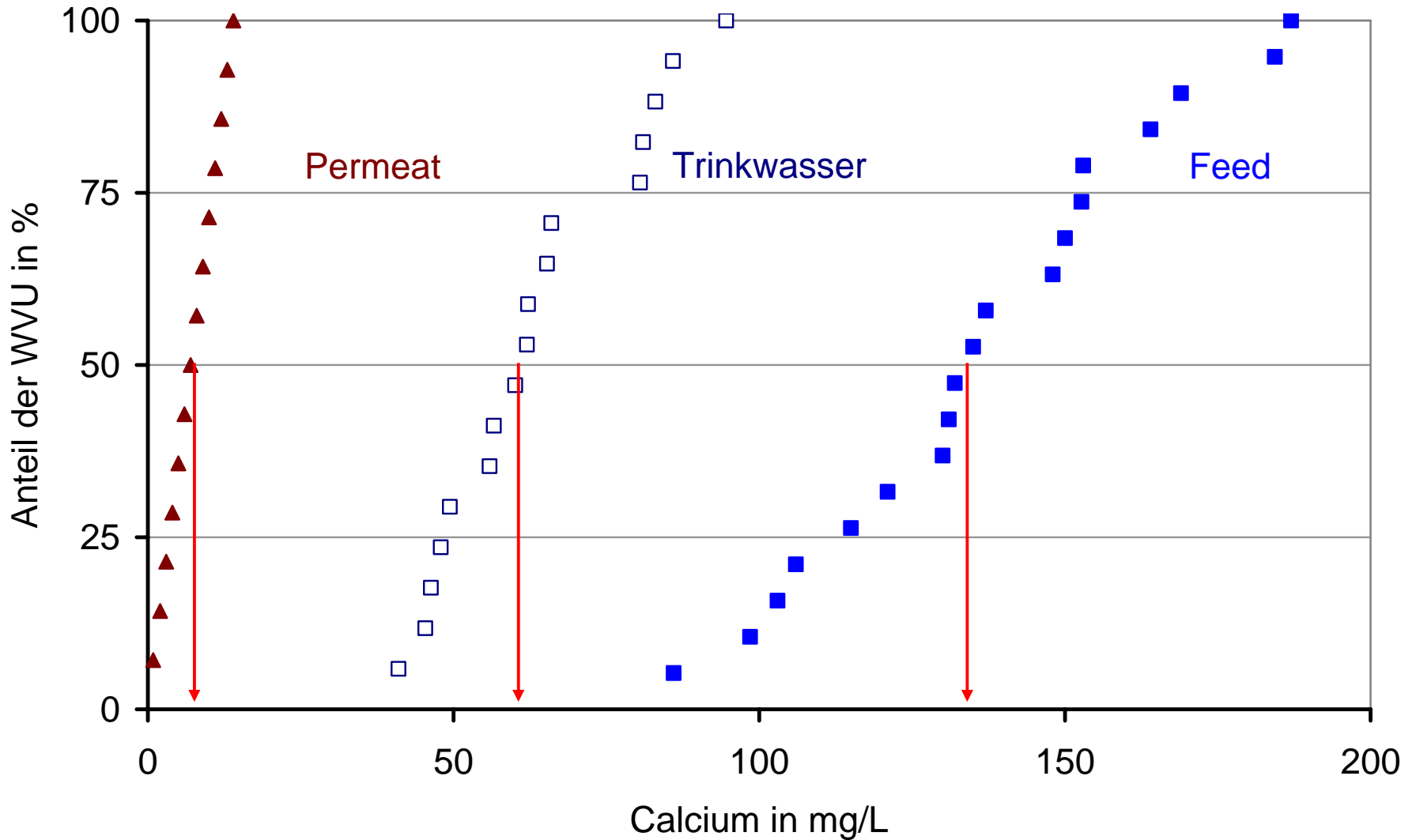
Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- Konzentrate
- **Trinkwasserqualität**
- Kosten
- NF/LPRO in den Niederlanden
- Bewertung

Härte in Feed, Permeat und Trinkwasser



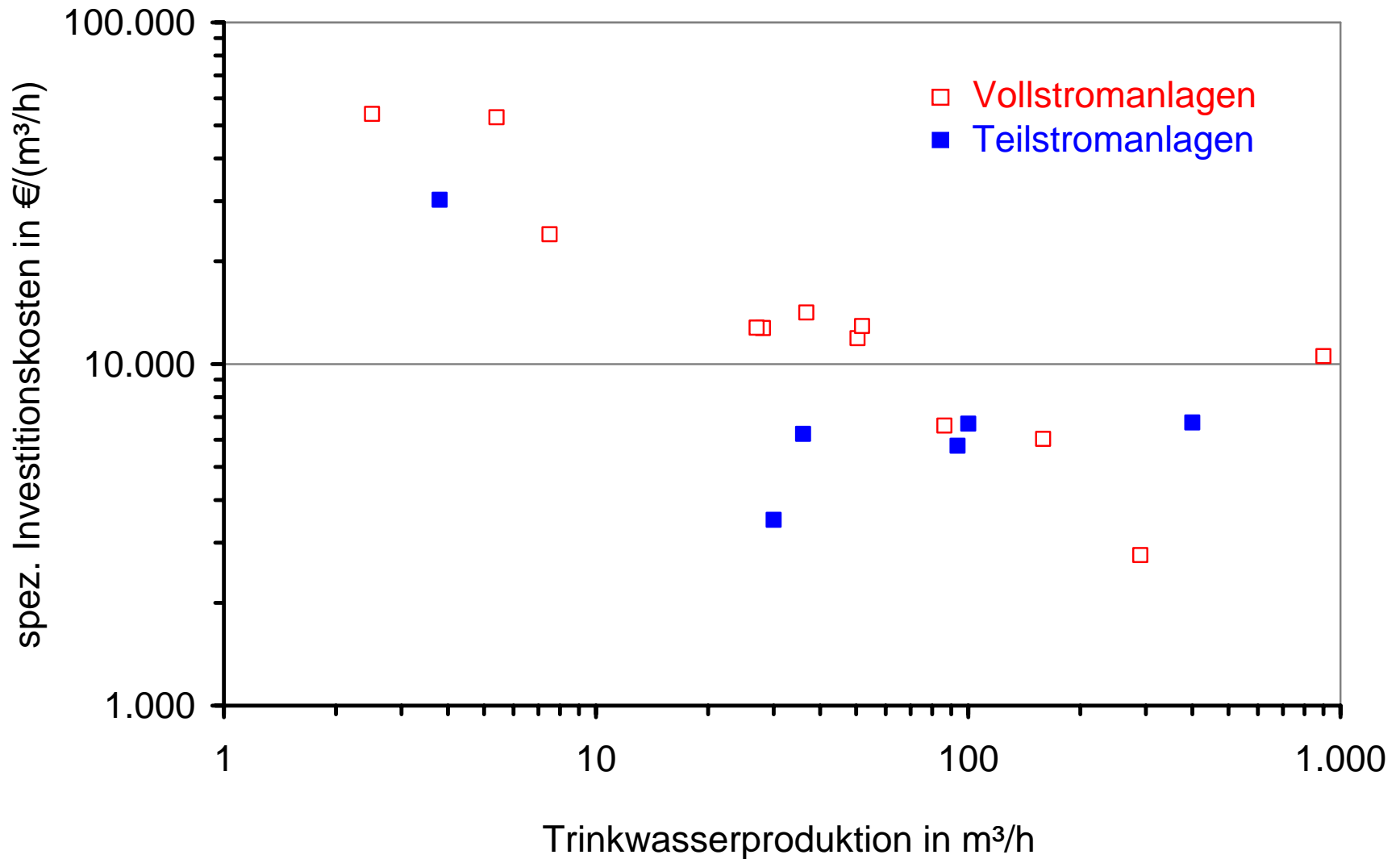
Calcium in Feed, Permeat und Trinkwasser



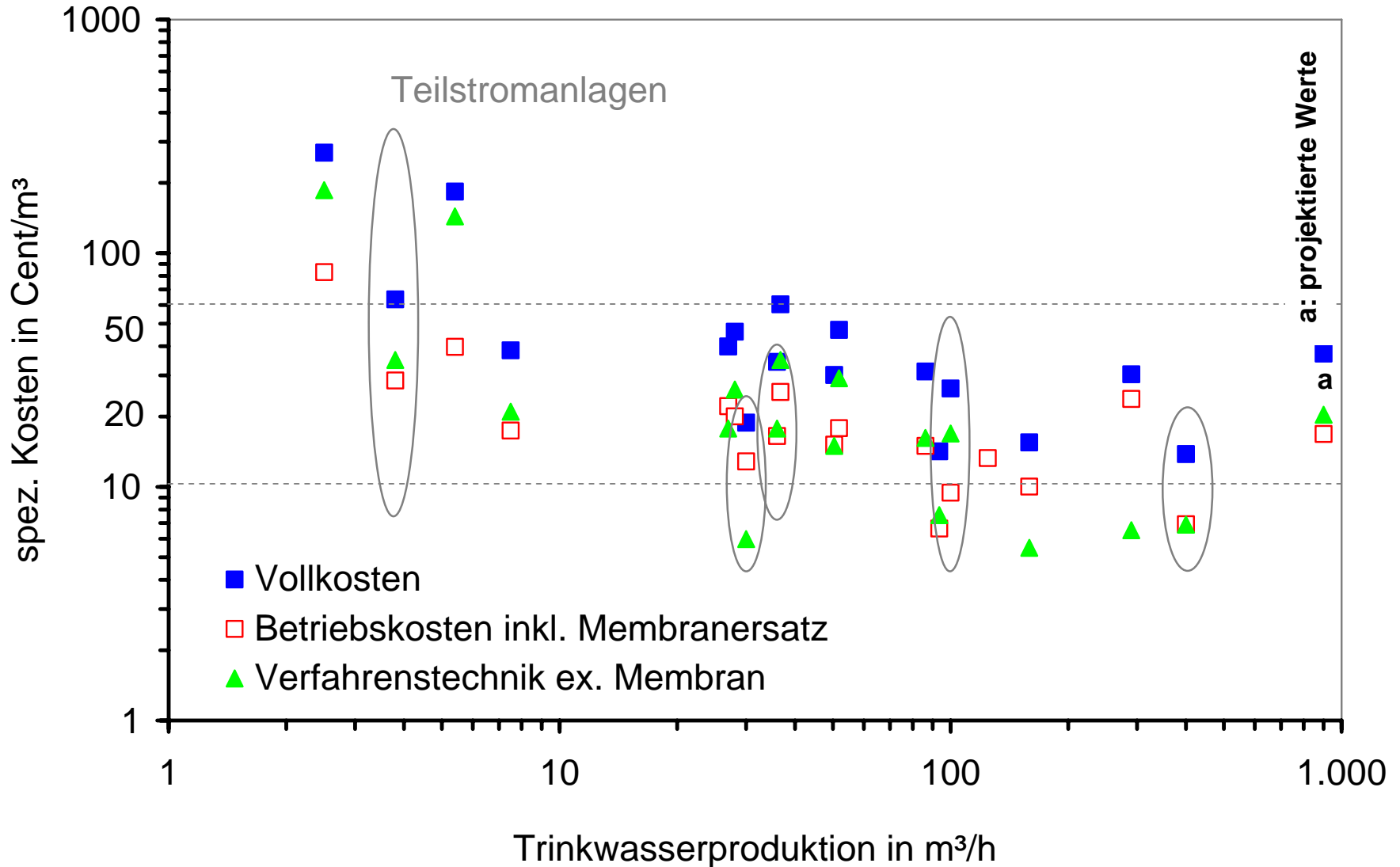
Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- Konzentrate
- Trinkwasserqualität
- **Kosten**
- NF/LPRO in den Niederlanden
- Bewertung

Spezifische Investitionskosten Verfahrenstechnik



Vollkosten von NF/LPRO-Anlagen (ohne Gebäude, ohne Konzentratableitung)



Inhalt

- Einführung
- Anlagenkapazität/-standorte
- Anlagenkonfiguration
- Konzentrate
- Trinkwasserqualität
- Kosten
- **NF/LPRO in den Niederlanden**
- Bewertung

NF/LPRO zur Enthärtung in den Niederlanden

- seit 1999 Einsatz in öffentlichen Wasserversorgung
- Vitens: 11 NF/LPRO-Anlagen (+ 2 im Bau, 2008)
- Beispiel Anlage Diepenveen/Vitens (in Betrieb 2002)
 - Feed
 - Anaerobes, eisenhaltiges Grundwasser
 - Härte 3,1 mmol/L
 - Anlage
 - Anaerober Betrieb
 - Feed: 240 m³/h
 - Ausbeute: 80 %
 - Flux: 23 L/m²/h
 - Feeddruck: 6,6-6,9 bar
 - Membran: TS82 Trisep Corp. (NF)
 - Membranlebensdauer: > 5 Jahre
 - Antiscalant: 4Aqua OSM82 (Phosphonsäure)
 - Konzentrat: nach Enteisenung Ableitung in Vorfluter

Beispiele für innovative NF/LPRO-Entwicklungen in den Niederlanden



Foto: Rietman, 2008

Online Scaling-Monitor
Feed: Konzentrat der Großanlage
Prinzip: Scaling beginnt am letzten Element

ScaleGuard ®

Inhalt

- **Einführung**
- **Anlagenkapazität/-standorte**
- **Anlagenkonfiguration**
- **Konzentrate**
- **Trinkwasserqualität**
- **Kosten**
- **NF/LPRO in den Niederlanden**
- **Bewertung**

- **NF/LPRO: praxistaugliches Verfahren für die öffentliche Wasserversorgung**
- **Voraussetzung: Ableitung des Konzentrates**
 - betriebswirtschaftlich vertretbar
 - ökologisch akzeptabel
 - Einzelfallanalyse erforderlich
- **Zunehmende Verbreitung erwartet**

- Abschlussbericht als TZW-Schriftenreihe Band 39 (ISSN 1434-5765)
- Detaillierte Diskussion der Datenerhebung in Deutschland
- mit Erfahrungen aus den Niederlanden zur Nanofiltration

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW)



***Erfassung und Bewertung von
Nanofiltrations- und Nieder-
druckumkehrosmoseanlagen
in der öffentlichen Wasser-
versorgung in Deutschland***

Dank

■ Finanzierung

- DVGW (F&E-Vorhaben W 4/01/08)
- EnBW Forschung
- RBS wave GmbH

■ Dipl.-Ing. S. Osmera, Dipl.-Ing. R. Götsche (RBS wave GmbH)

■ Versorgungsunternehmen und Kommunen in Deutschland für Bereitstellung der Anlagendaten

■ Herr B Eng Bas Rietman, (Vitens, Niederlande)