ALWIN EPPLER

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Grundlagen

Vorteile der Enthärtung?

Umwelt

- Weniger Schwermetallauslösungen (Pb, Cu, Zn)
- Weniger Regenerierungssalze
- Weniger Phosphate, Carboxylate (Waschmittelverbrauch)
- Geringerer Energieverbrauch

Sicherheit

- Geringere Ablagerungen an Ventilen und Armaturen
- Vermeidung von Kalkausfällungen und Korrosion

Entscheidungs-Faktoren

- Wassermatrix und Wassermengen,
- Alternativen?
- Zieldefinition: Härte, Nitrat, usw.
- Aufbau Versorgungssystem
- **Pilotierungsergebnisse:**
  - **Eisen-/Manganelimination**
  - **Auslegungsparameter**
  - **Filterkapazität**
- Abwasseranfall
- Wasservor- und Nachbehandlung
- Akzeptanz
- Qualifikation des Personals
- Umstellungsphase Hartwasser – Weichwasser

Spez. Beurteilung NaOH-Verfahren für Wasser-ZV Ostangeln

Anlagen mit Kalkdosierung (gegenüber NaOH-Dosierung)

- benötigen aufwendige Kalkmilchzubereitung
- mit Kalksilo, Ansetz- und Dosierbehälter, Ringleitungssystem
- sind dadurch ca. 30% teurer im Invest (rentabel >1.0 Mio m³/a)
- benötigen deutlich höheren Betriebs-/Wartungsaufwand
- stetige Kreislaufführung notwendig (Ringleitung)
- produzieren doppelt so viel an Pelletsmasse
- geringere Pufferkapazität (Ks-Wert) im Trinkwasser
- mehr Augenmerk auf korrosive Eigenschaften notwendig
- hohe Ablauftrübung (>15 FNU) benötigt Nachbehandlung!

Anlagen mit NaOH-Dosierung …

… sind aus o. g. Gründen für dieses Wasserwerk technisch, wirtschaftlich und auch physikalisch eindeutig die beste Lösung!

Beispiel: NaOH-Reaktoranlage

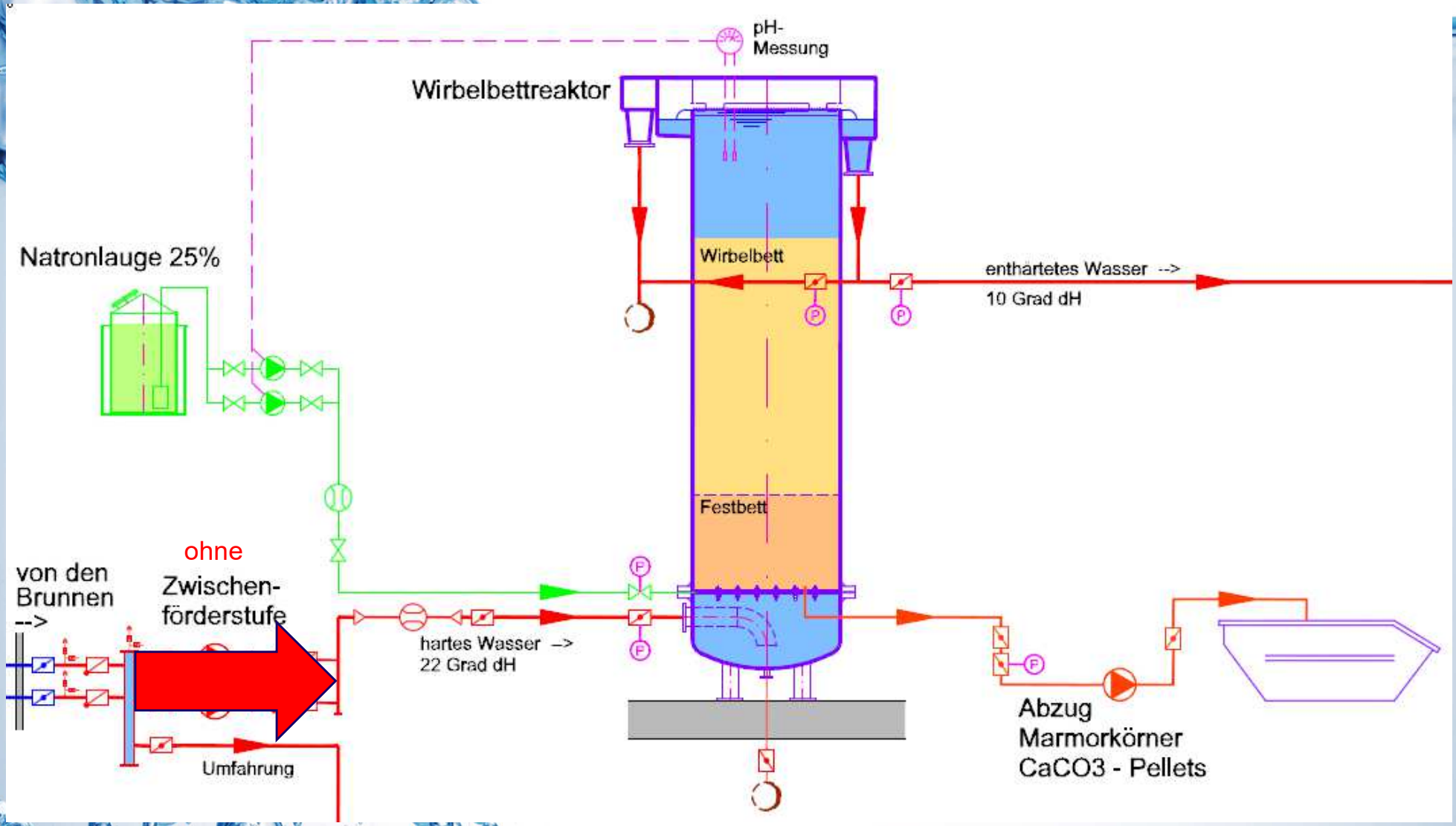
- **Pelletanfall (bei 500.0000 m³/a):**
  Ca. 0,06 kg/m³ entspr. ca. 30 To/a

- **Sandverbrauch:**
  1,6 m³/a

- **NaOH-Verbrauch:**
  ca. 95 m³/a

- **Betriebskosten:**
  ca. < 15 Cent/m³ (excl. Abschreibung)

Prozessschema SEK



Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Wassermatrix

Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

Rohwasser

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Physikalisch-chemische Parameter

Wassertemperatur (vor Ort)	°C	9,7
Leitfähigkeit bei 25°C (Labor)	µS/cm	597
pH-Wert (Labor)		7,40
Temperatur (Labor)	°C	22,4
Trübung (Labor)	NTU	7,25
SAK 436 nm (Färbung, quant.)	m-1	0,93
pH-Wert (bei SAK 436-Messung)		7,64
Temperatur (bei SAK 436-Messung)	°C	23,3

Sensorische Prüfungen

Färbung (vor Ort)		farblos
Trübung (vor Ort)		keine
Geruch (vor Ort)		schwach Eisen
Geschmack organoleptisch (vor Ort)		nach Eisen

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	26
Hydrogencarbonat	mg/l	354,5
Nitrat (NO3)	mg/l	<0,2 (NWG)
Nitrit (NO2)	mg/l	<0,001 (NWG)
Orthophosphat (o-PO4)	mg/l	0,07
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	5,86
Temperatur bei Titration KS 4,3	°C	22,8
Sulfat (SO4)	mg/l	6,2

Kationen

Calcium (Ca)	mg/l	83,1
Magnesium (Mg)	mg/l	13,6
Natrium (Na)	mg/l	23,4
Kalium (K)	mg/l	3,59
Ammonium (NH4)	mg/l	0,48

Summarische Parameter

TOC	mg/l	2,3

Gasförmige Komponenten

Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,59
Temperatur bei Titration KB 8,2	°C	22,8
Sauerstoff (O2) gelöst	mg/l	1,4

Anorganische Bestandteile

Aluminium (Al)	mg/l	<0,01
Eisen (Fe)	mg/l	1,94
Mangan (Mn)	mg/l	0,266

Berechnete Werte

Nitrat/50 + Nitrit/3	mg/l	<0,017 x)
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	2,63
Gesamthärte	°dH	14,7
Gesamthärte (als Calciumcarbonat)	mmol/l	2,63
Carbonathärte	°dH	14,7
Ca-Härte	°dH	11,6
Mg-Härte	°dH	3,1
Nichtcarbonathärte	°dH	0
Scheinbare Carbonathärte	°dH	1,5
Härtebereich		hart
Anionen-Äquivalente	mmol/l	6,73
Kationen-Äquivalente	mmol/l	6,48
Ionenbilanz	%	-3,7

Berechnete Werte - Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht

pH bei Bewertungstemperatur (pHtb)		7,44
pH bei Calcitsätt. d. Calcit (pHc tb)		7,30
delta-pH		0,14
Sättigungsindex Calcit (SI)		0,20
Calcitlösekapazität	mg/l	-17
Freie Kohlensäure (CO2)	mg/l	24

Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

Reinwasser

ALWIN EPPLER
Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Physikalisch-chemische Parameter

Wassertemperatur (vor Ort)	°C	**9,7**	0	
Leitfähigkeit bei 25°C (Labor)	µS/cm	**591**	10	2790
pH-Wert (Labor)		**7,61**	2	6,5 - 9,5
Temperatur (Labor)	°C	**20,8**	0	
Trübung (Labor)	NTU	**0,11**	0,05	1
SAK 436 nm (Färbung, quant.)	m-1	**0,19**	0,1	0,5
pH-Wert (bei SAK 436-Messung)		**7,89**	0	
Temperatur (bei SAK 436-Messung)	°C	**23,2**	0	

Sensorische Prüfungen

Geruch (vor Ort)		**ohne**		0
Geschmack organoleptisch (vor Ort)		**annehmbar**		0

Anionen

Bromat (BrO3)	mg/l	**<0,0001 (NWG)**	0,0001	0,01
Chlorid (Cl)	mg/l	**24**	1	250
Cyanide, gesamt	mg/l	**<0,002 (NWG)**	0,005	0,05
Fluorid (F)	mg/l	**0,29**	0,05	1,5
Hydrogencarbonat	mg/l	**349,0**	0,6	
Nitrat (NO3)	mg/l	**2,89**	0,5	50
Nitrit (NO2)	mg/l	**<0,005 (+)**	0,005	0,5 [6]
Orthophosphat (o-PO4)	mg/l	**0,04**	0,03	6,7 [4]
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	**5,77**	0,01	
Temperatur bei Titration KS 4,3	°C	**21,1**	0	
Sulfat (SO4)	mg/l	**6,6**	1	250

Kationen

Calcium (Ca)	mg/l	**86,4**	0,1	
Magnesium (Mg)	mg/l	**13,4**	0,1	
Natrium (Na)	mg/l	**22,0**	0,1	200
Kalium (K)	mg/l	**3,81**	0,1	
Ammonium (NH4)	mg/l	**<0,005 (NWG)**	0,02	0,5

Summarische Parameter

TOC	mg/l	**2,3**	0,5	

Gasförmige Komponenten

Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	**0,33**	0,01	
Temperatur bei Titration KB 8,2	°C	**21,1**	0	
Sauerstoff (O2) gelöst	mg/l	**11,4**	0,1	

Anorganische Bestandteile

Arsen (As)	mg/l	**<0,001**	0,001	0,01
Aluminium (Al)	mg/l	**<0,01**	0,01	0,2
Antimon (Sb)	mg/l	**<0,001**	0,001	0,005
Blei (Pb)	mg/l	**<0,001**	0,001	0,01 [5]
Bor (B)	mg/l	**0,103**	0,01	1
Cadmium (Cd)	mg/l	**<0,0003**	0,0003	0,003
Chrom (Cr)	mg/l	**<0,0005**	0,0005	0,025
Eisen (Fe)	mg/l	**0,022**	0,01	0,2
Kupfer (Cu)	mg/l	**<0,003**	0,003	2 [5]
Mangan (Mn)	mg/l	**<0,002 (NWG)**	0,005	0,05
Nickel (Ni)	mg/l	**<0,002**	0,002	0,02 [5]
Quecksilber (Hg)	mg/l	**<0,0001**	0,0001	0,001
Selen (Se)	mg/l	**<0,001**	0,001	0,01
Uran (U-238)	µg/l	**0,02**	0,01	10

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Pilotversuche

Wasserzweckverband Ostangeln – Ihr Wasserversorger

Pilotversuche Ergebnisse

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Für die Beurteilung der Versuche auf der Anlage sind Wasserproben gezogen worden auf dem WW XX, jeweils nach der Oxidation und nach dem Durchlaufen der SEK-Natronlauge-Enthärtung (Pilotanlage der Fa. EPPLER).

20.05.2025:	- Eisen (Fe_{Gesamt}; mg/l):	1,55 mg/l	→	1,13 mg/l
	- Mangan (Mn_{Gesamt}; mg/l):	0,224 mg/l	→	0,013 mg/l
	- Gesamthärte (°dH; Trinkwasserhärte):	ca. 16°dH	→	5°dH
23.05.2025:	- Eisen (Fe_{Gesamt}; mg/l):	1,79 mg/l	→	1,07 mg/l
	- Mangan (Mn_{Gesamt}; mg/l):	0,234 mg/l	→	0,026 mg/l
	- Gesamthärte (°dH; Trinkwasserhärte):	ca. 16°dH	→	8°dH
27.05.2025:	- Eisen (Fe_{Gesamt}; mg/l):	1,67 mg/l	→	1,35 mg/l
	- Mangan (Mn_{Gesamt}; mg/l):	0,239 mg/l	→	0,019 mg/l
	- Gesamthärte (°dH; Trinkwasserhärte):	ca. 16°dH	→	6°dH

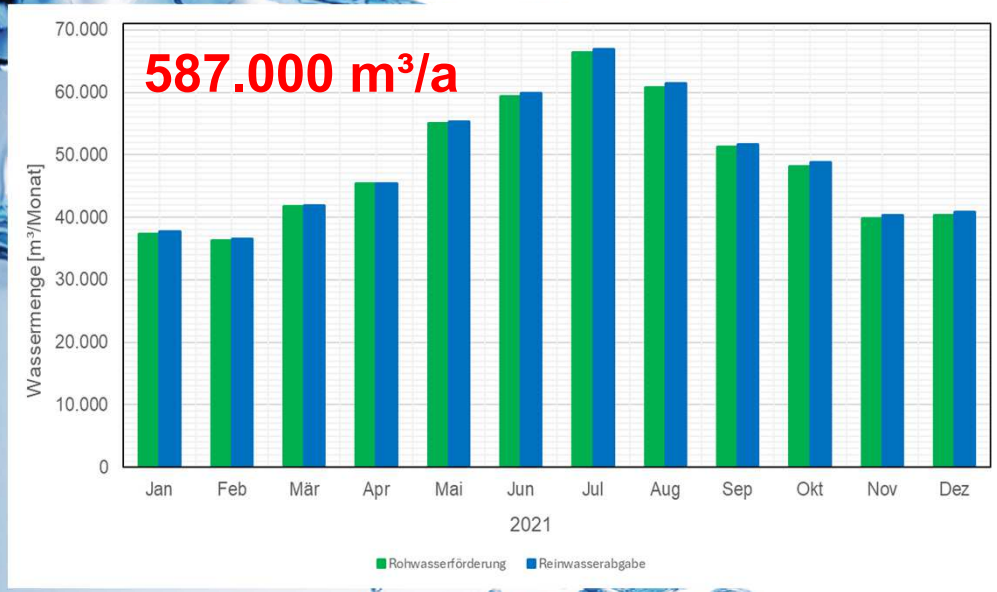
Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

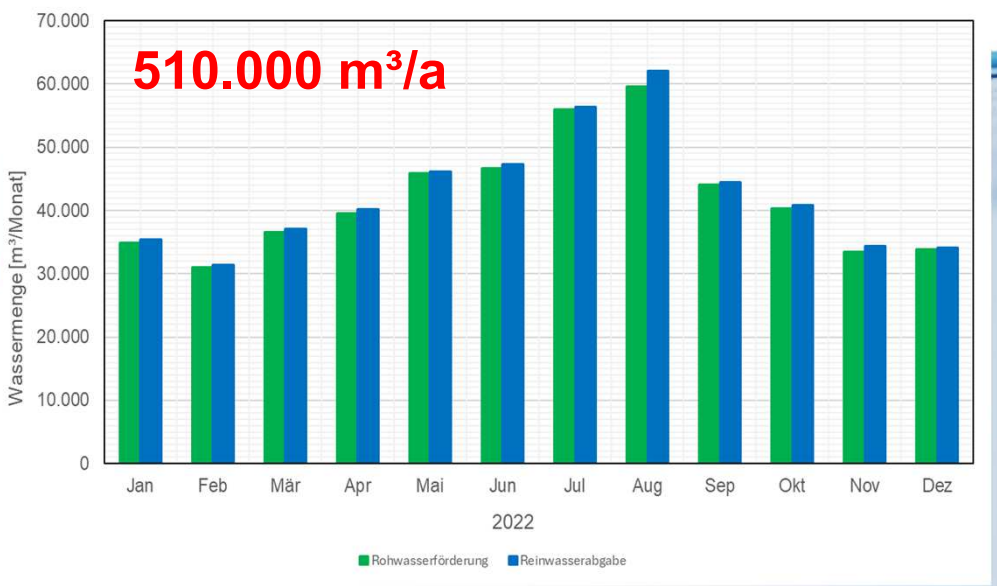
Wasserbedarf

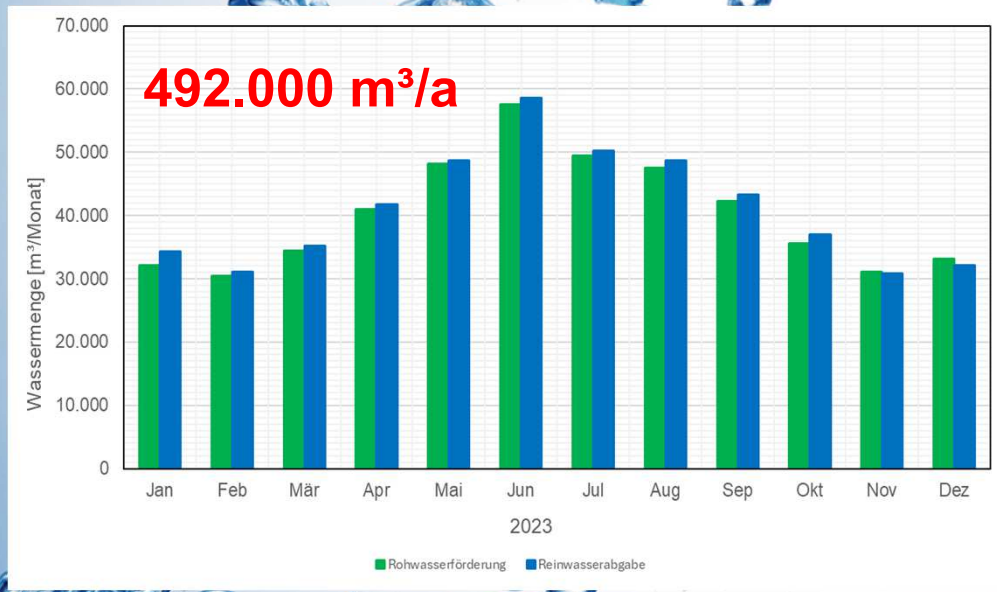
Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

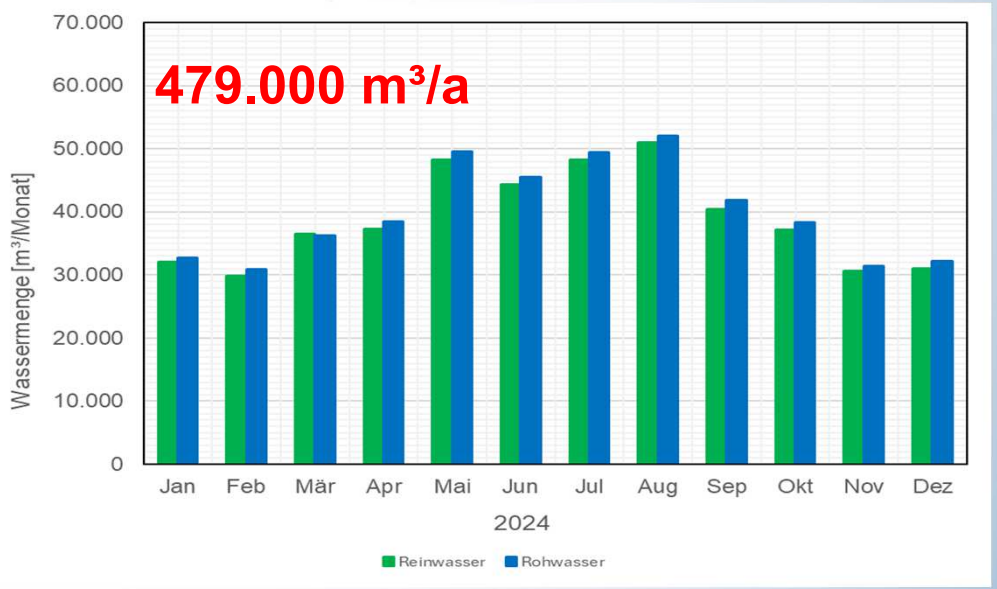
Bedarfsermittlung

ALWIN EPPLER
Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG









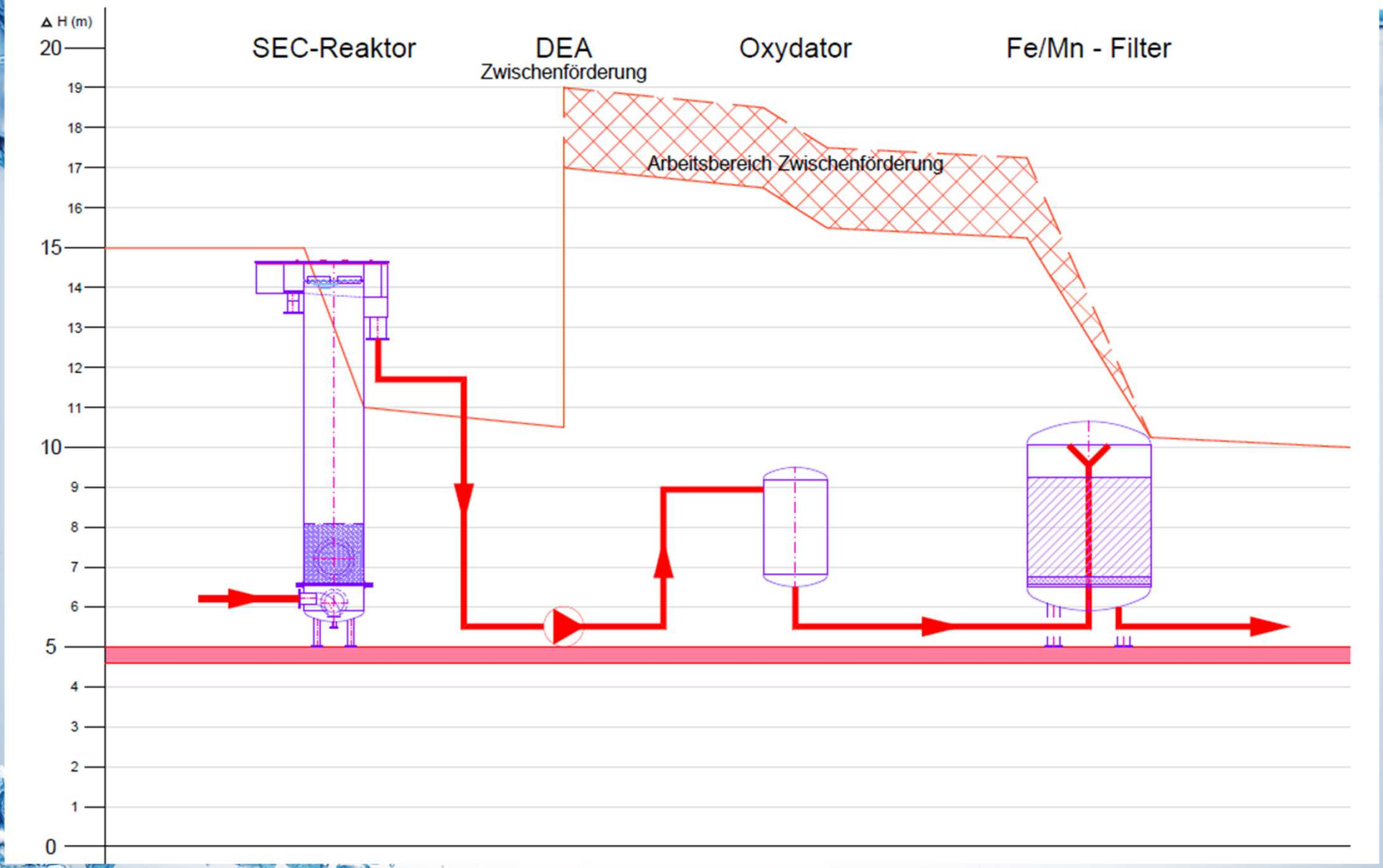
Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Anlagenplanung

Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

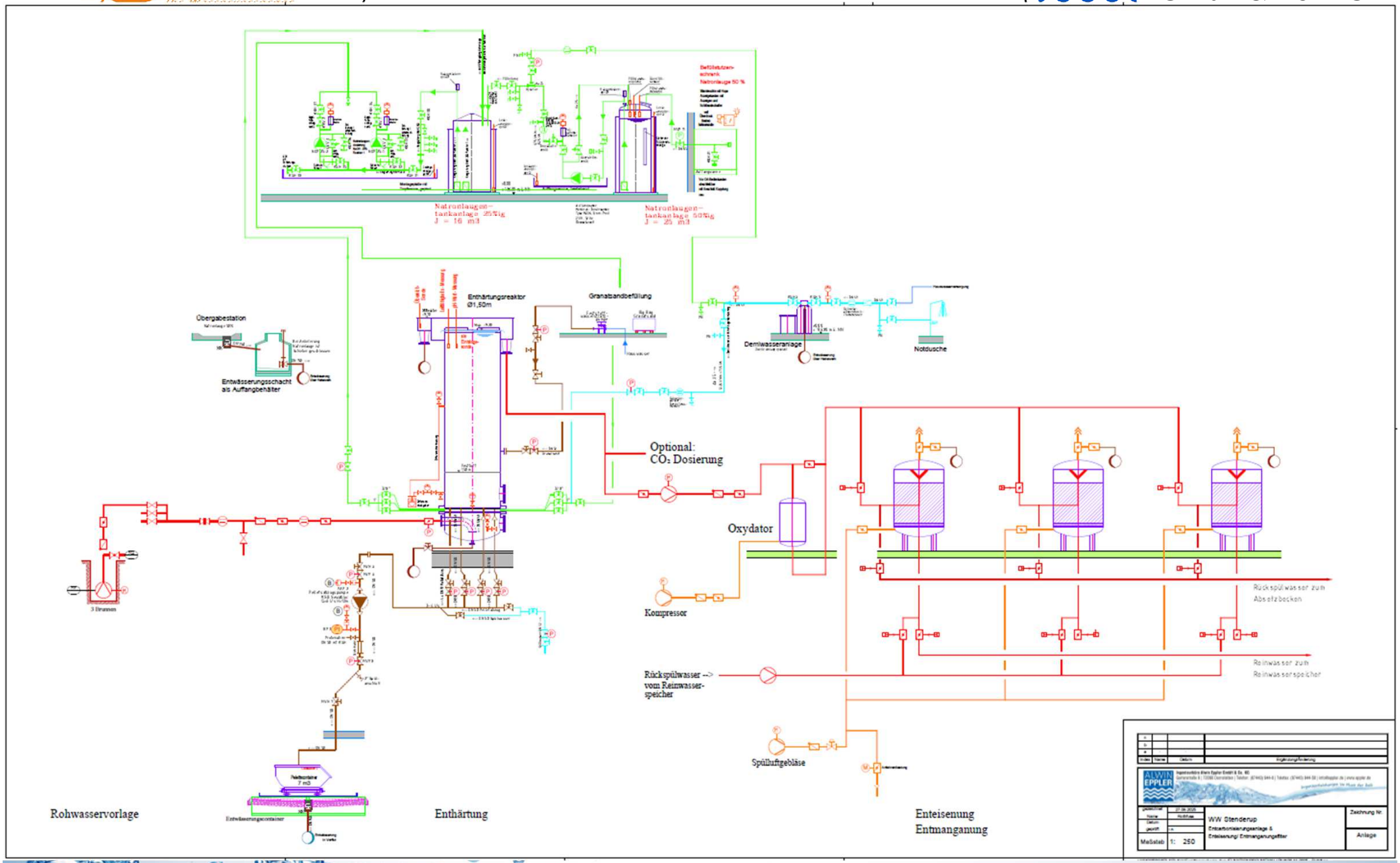
Hydraulik-Planung
hydr. Drucklinie

ALWIN EPPLER
Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER
GmbH & Co. KG



Verfahrensfließbild

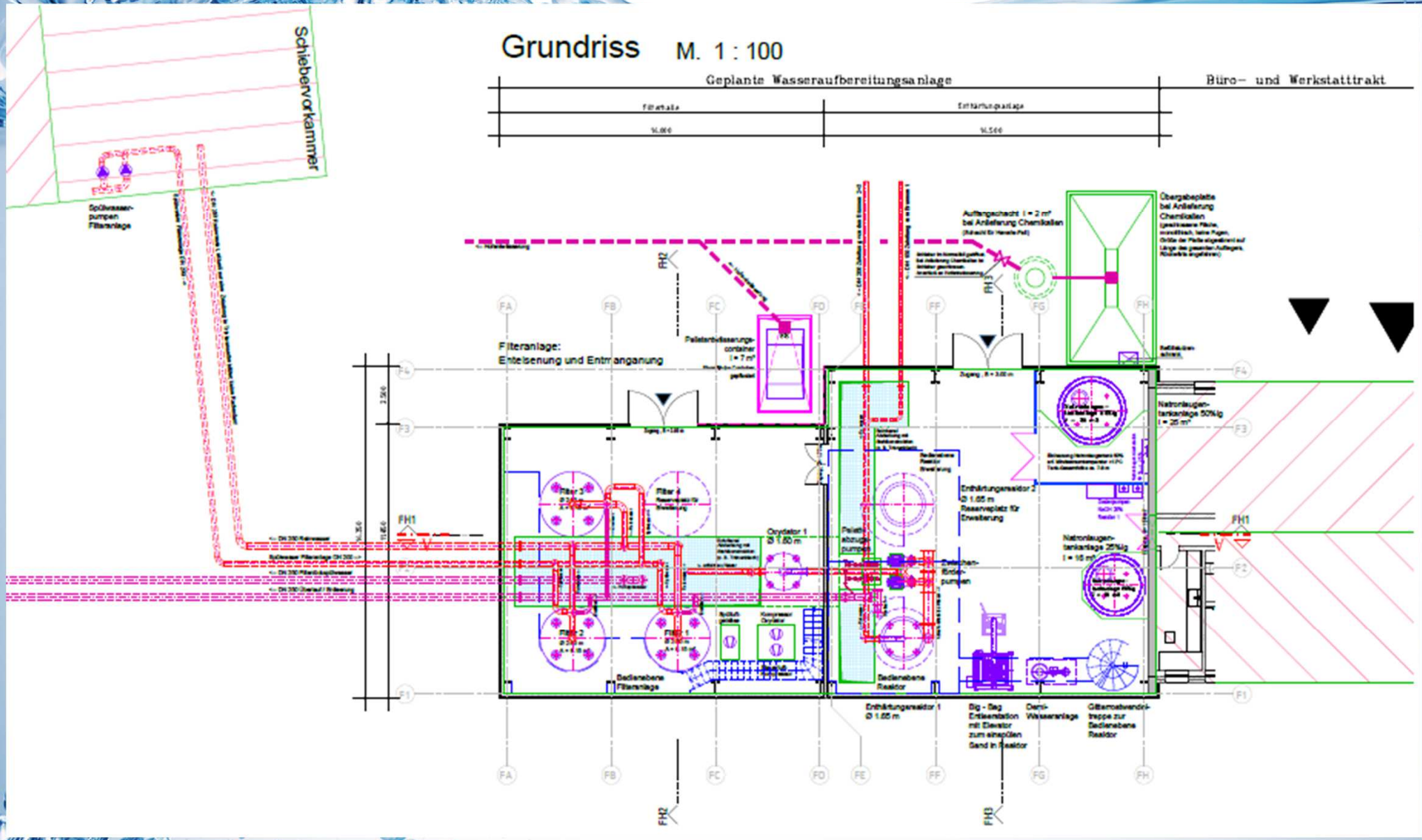
Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER
GmbH & Co. KG



Anlagenaufstellung Grundriss

Wasserzweckverband Ostangeln – Ihr Wasserversorger

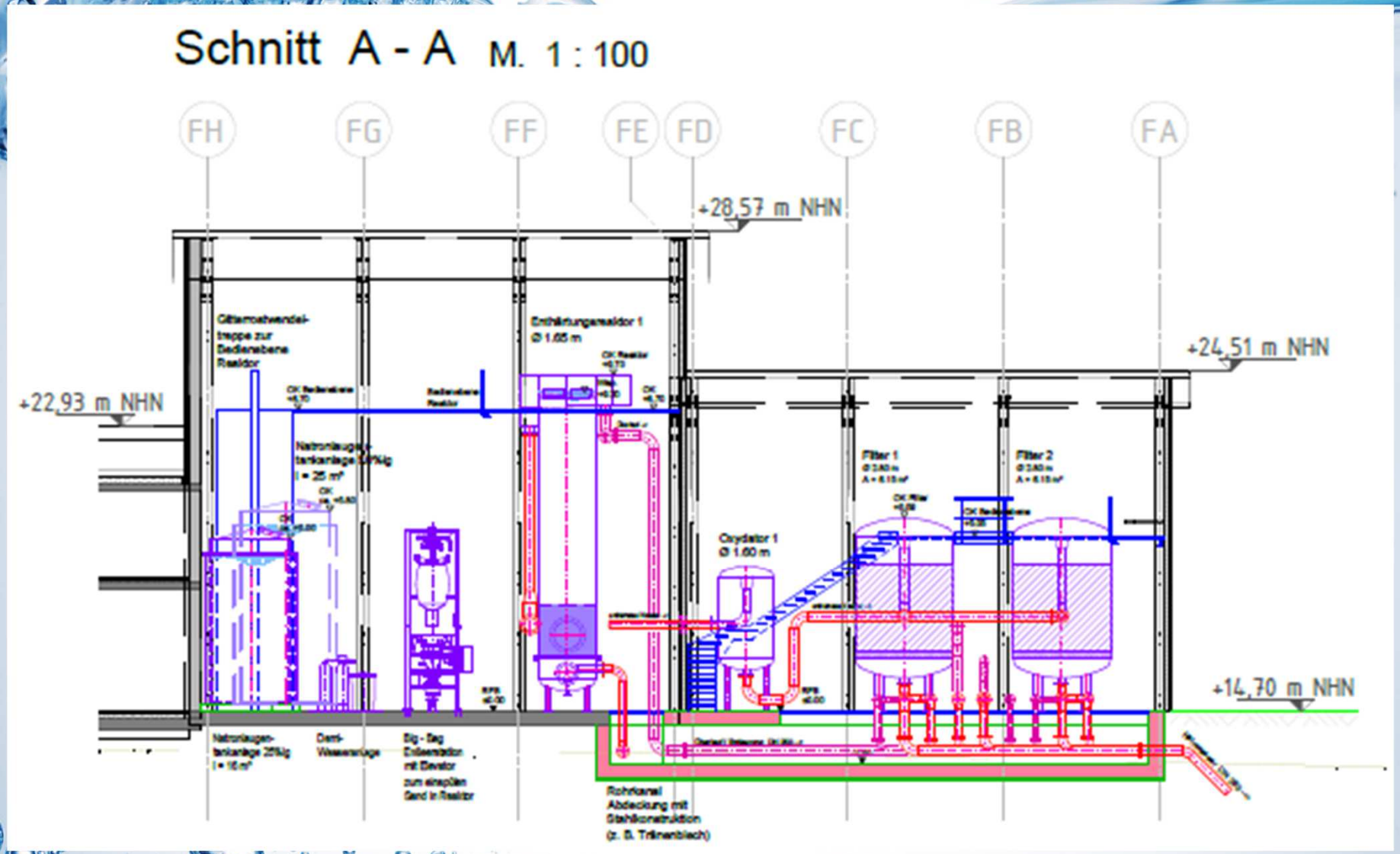
Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG



Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

Anlagenaufstellung
Schnitt A - A

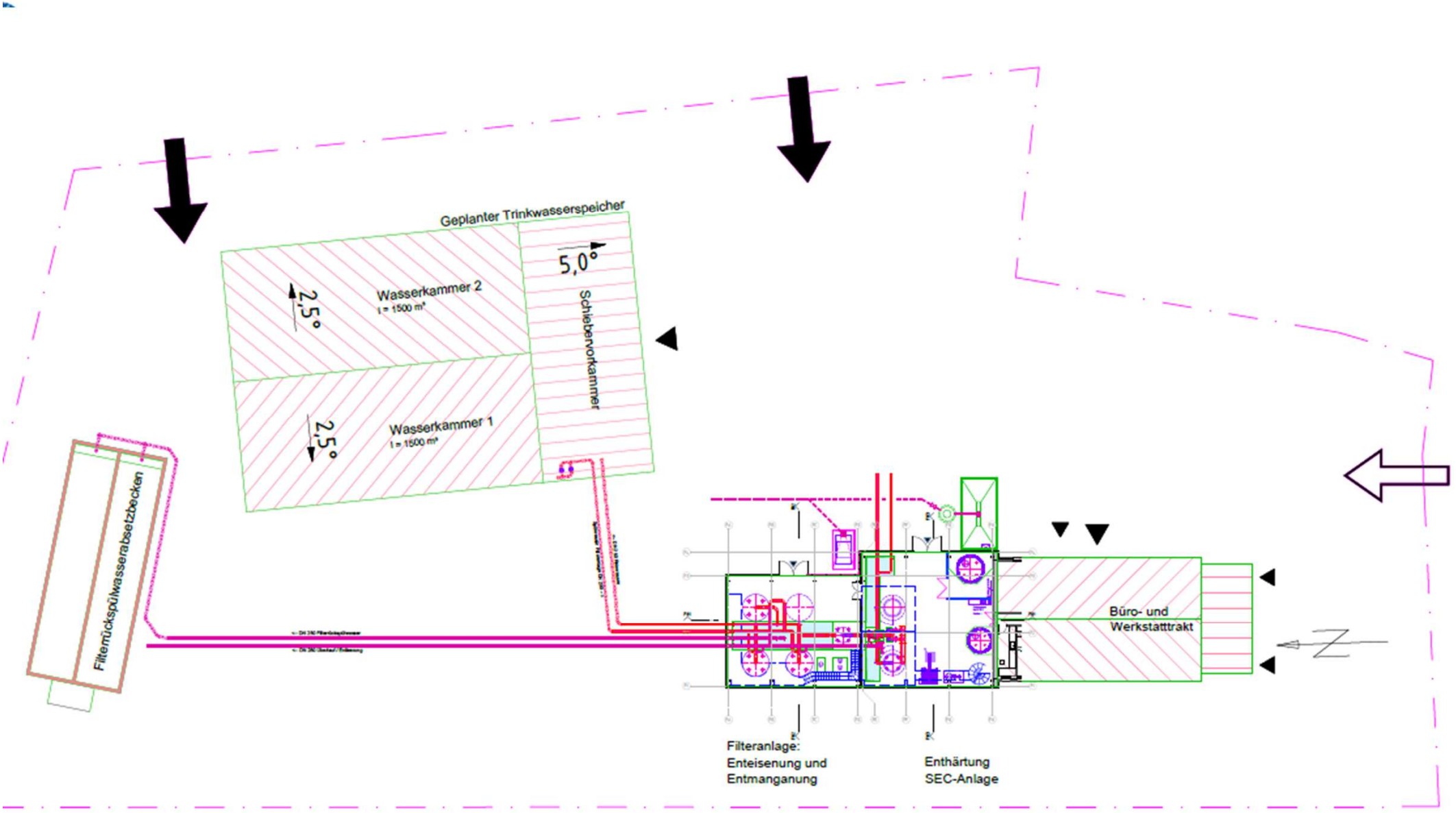
ALWIN EPPLER
Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER
GmbH & Co. KG



Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

Anlagenaufstellung
Lageplan

ALWIN EPPLER
Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER
GmbH & Co. KG



ALWIN EPPLER

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Kosten

Wasserzweckverband Ostangeln – Ihr Wasserversorger

Kostenbetrachtung Grunddaten

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Hydraulische Daten				Enteisenung/Entmanganung und SEK-Enthärtung	nur Enteisenung/ Entmanganung
				mit NaOH	
Rohwassermengen			m³/a	**510.500**	**520.000**
Bypassmengen			m³/a	**150.000**	
Wassermengen über Anlage (Ausgang)			m³/a	**350.000**	
Spülwasserverluste (Enteisenung/Entmanganung)			m³/a	**10.000**	**20.000**
Reinigungswasser aus Reaktorrevision/Spülung			m³/a	**500**	
Trinkwasser aus Enthärtung			m³/a	**500.000**	**500.000**
Betriebsmittel (nur für Enthärtung betrachtet)			Einheit		
Betriebsmittelmengen					
zus. spez. Energiebedarf Enthärtung			kWh/m³	0,03	
spez. Energie (bez. auf Filterspülung)			kWh/m³	0,25	0,25
Natronlauge 50% -ig			to/a	140,0	
Sand (Granatsand)			to/a	2,1	
Pellets			to/a	30,0	
Betriebsmittel-/Wartungs-/Entsorgungskosten	**Spez. Kosten**				
Energie (max. Mehr-Energie bei Enthärtung)	34,00	Cent/kWh	EUR/a	3.600	
Energie (Filterspülung)	34,00	Cent/kWh	EUR/a	850	1.700
Natronlauge 50% -ig	0,24	EUR/kg	EUR/a	33.600	
Impfsand	0,50	EUR/kg	EUR/a	1.050	
zus. Bedienungsaufwand (5h/2h pro Woche)	45,00	EUR/h	EUR/a	11.700	5.900
Pelletentsorgung	40,00	EUR/to	EUR/a	1.200	
Rohwasserkosten (Wasserpfennig/zus. Förderung)	15,00	EUR/m³	EUR/a	158	300
Summe, gerundet bez. auf Trinkwasser			**EUR/a**	**52.200**	**7.900**

Wasserzweckverband Ostangeln
Ihr Wasserversorger

Kostenbetrachtung Investitionskosten

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

Herstellkosten	Abschreibungs-zeitraum		Einheit	mit Enthärtung	ohne Enthärtung
Kostenschätzung, netto zzgl. MWSt./Annuität	**3,50%**				
Verfahrenstechnik SEK-NaOH (1 SEK-Reaktor)	**35 Jahre**	5,000%	EUR	180.000	
Zwischenförderung				16.000	
Pelletsabzugspumpe				6.000	
Rohrleitungs-/Armaturentechnik				150.000	
NaOH Lager- und Dosiertechnik				90.000	
Big-Bag-Sandbefüllstation				65.000	
Elevatortechnik				7.000	
Kleinenthärtungsstation				35.000	
Entwässerungscontainer Pellets				5.000	
Steuerluftanteil				6.000	
Sonstiges				20.000	
E-MSR-Technik (SEK-NaOH)	**15 Jahre**	8,683%	EUR	470.000	
3 x Tiefbrunnenpumpen (icl. FU)	**30 Jahre**	5,437%	EUR	45.000	45.000
Sonstige Kosten (Peripherie)	**25 Jahre**	6,067%	EUR	150.000	150.000
Entwässerung					
peripherer Stahlbau					
Probenahmetafeln					
TA Spülwasserbecken					
Enteisenung/Entmanganung (3 Filter)	**35 Jahre**	5,000%	EUR	510.000	
Enteisenung/Entmanganung (1 Oxydator)				60.000	
Spülwasserpmpen(-system)				30.000	
Stahlbau/Bedienbühnen				50.000	
Rohrleitungs-/Armaturentechnik				50.000	
Kompressoranlage (Steuerluft)				8.000	
Enteisenung/Entmanganung (4 Filter)	**35 Jahre**	5,000%	EUR		680.000
Enteisenung/Entmanganung (2 Oxydatoren)					120.000
Spülwasserpmpen(-system)					40.000
Stahlbau/Bedienbühnen					70.000
Rohrleitungs-/Armaturentechnik					80.000
Kompressoranlage (Steuerluft)					11.000
E-MSR-Technik (Filter + Oxydator)	**15 Jahre**	8,683%	EUR	280.000	450.000
Gesamtinvestition, netto			**EUR**	**2.233.000**	**1.646.000**
Planung HOAI LP 1-8 (Techn. Ausrüstung)	**30 Jahre**	5,437%	EUR	435.000	350.000

Wasserzweckverband Ostangeln – Ihr Wasserversorger

Kostenbetrachtung Investitionskosten

Ingenieurbüro ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG

			mit Enthärtung	ohne Enthärtung
Kapitaldienst				
Verfahrenstechnik SEK-NaOH (1 SEK-Reaktor)		EUR/a	29.000	
E-MSR-Technik (SEK-NaOH)		EUR/a	40.800	
3 x Tiefbrunnenpumpen (incl. FU)		EUR/a	2.400	2.400
Sonstige Kosten (Peripherie)		EUR/a	9.100	9.100
Enteisenung/Entmanganung (3 Filter)		EUR/a	35.399	
Enteisenung/Entmanganung (4 Filter + 2 Oxydatoren)		EUR/a		50.048
E-MSR-Technik (Filter + Oxydator)		EUR/a	24.300	39.100
Planung HOAI LP 1-8 (Techn. Ausrüstung)		EUR/a	23.700	19.000
Summe, gerundet		**EUR/a**	**164.700**	**119.600**
Betriebsmittel-/Wartungs-/Entsorgungskosten		**EUR/a**	**52.200**	**7.900**
Gesamte Jahreskosten (incl. Dosierung, Betrieb, Personal, …)		**EUR/a**	**216.900**	**127.500**
Spezifische Kosten pro m³ Wasseraufbereitung			**0,43**	**0,26**

Kostenaufstellung ist gerechnet:

ohne Haustechnik (TGA)
ohne periphäre Förder- und Netzpumpen
ohne periphäre Verrohrung und el. Anschlüsse
keine zu- und abführenden Systeme für Rohwasser/Reinwasser/E-Versorgung
ohne Spülwasserbecken