



IN-SITU-ENTEISENUNG BEI GEOTHERMISCHEN BRUNNENANLAGEN

Dr.-Ing. Torsten Winkelkemper

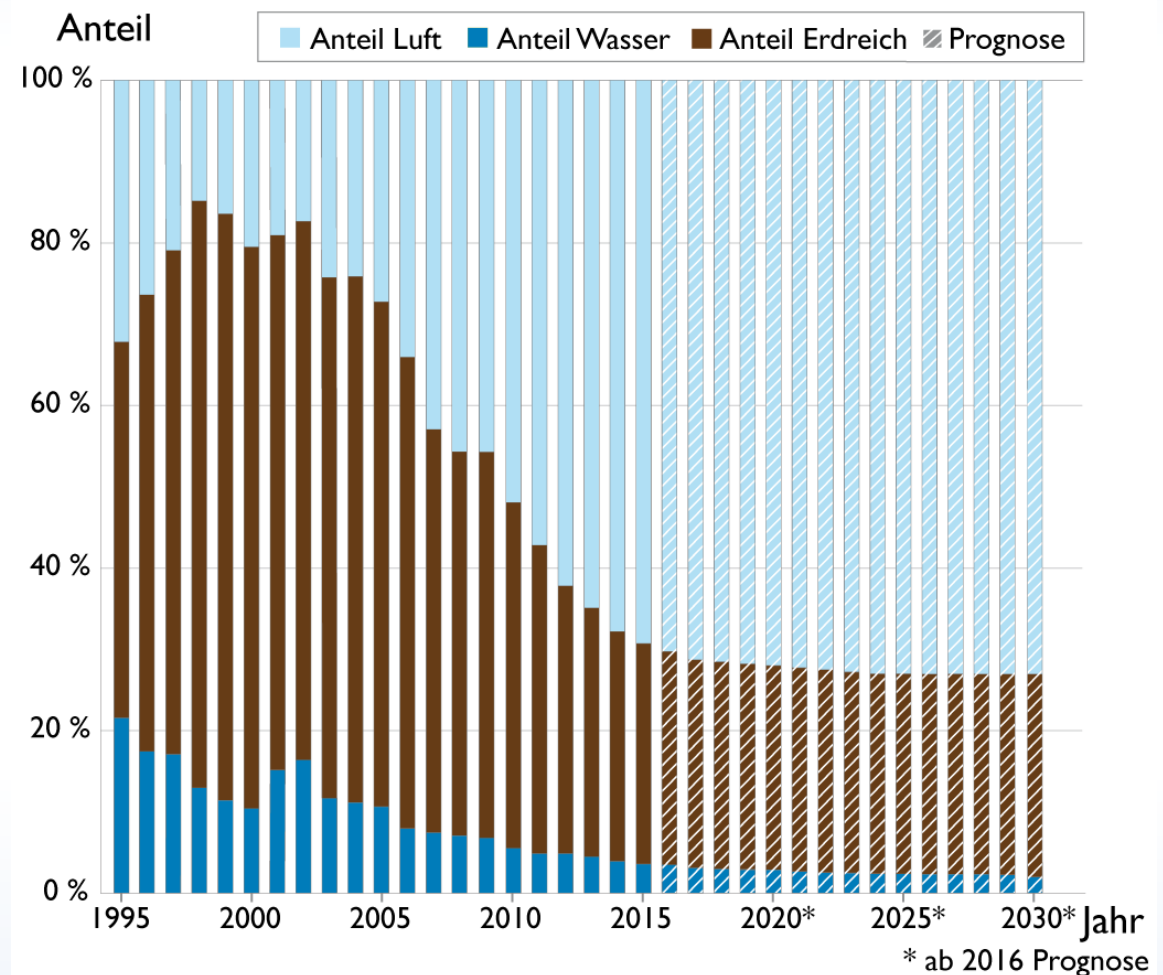


- Probleme mit Eisen und Mangan bei offenen Geothermieanlagen
- Die Lösung mit In-Situ-Enteisenung
 - Prozess im Boden
 - Einsatzmöglichkeiten und -grenzen
- Kombination von Geothermie und In-Situ-Enteisenung
 - Verfahrensschema
 - FERMANOX-Anlagen
- Projektierung
- Anwendungsbeispiele

- Besserer Wirkungsgrad als Erdsonden / -kollektoren oder Luftwärmetauscher
- Trotzdem rückläufiger Marktanteil



Eine Ursache:
Erfahrungen mit mangelnder Betriebssicherheit



Quelle: BWP Branchenstudie,
Daten zum Wärmepumpenmarkt bis 2015 und Prognosen bis 2030

■ Ursache: Sauerstoffmangel

- Redoxpotenzial zu niedrig
- Ammonium-Gehalt steigt
- Eisen und Mangan werden gelöst

■ Symptome:

- Braunes Wasser
- Verfärbungen und Ablagerungen (Verockerungen) auf allen Oberflächen

■ Folge:

- Nicht als Trinkwasser geeignet
- Technische Probleme
- Regelmäßig Kosten und Aufwand für Sanierung der Wasserversorgung



■ Verockerungen im Wärmetauscher

- Schlechterer Wärmeübergang
- Höherer Druckverlust
- Ausfall der Kühlung / Wärmepumpe

➔ regelmäßige Reinigung, ggf. Austausch

■ Verockerungen im Schluckbrunnen

- Mangelnde Wasseraufnahme
- Überlauf

➔ Regenerierung chemisch / mechanisch

■ Verockerung von Förderbrunnen/Pumpe

- Ausfall der Wasserversorgung

➔ Regenerierung, Reinigung, Austausch



Die Lösung: In-Situ-Enteisung



- 1900** Reichspatent zum „Enteisenen im Untergrund“ von Oesten
- 1975** Anwendung „Vyredox“ in Skandinavien, erste Anlagen in Deutschland gebaut durch Hrn. Sumpf (später „Subterra“)
- 1984** Unternehmensgründung und Verkauf der ersten FERMANOX®-Kompaktanlage

- Heute** **ca. 10.000 FERMANOX®-Anlagen**
 - in Deutschland und den Niederlanden
 - vom Privathaushalt bis zum Wasserwerk
 - vorwiegend Trinkwasserversorgung, zunehmend auch Geothermie**ca. 30 große Wasserwerke mit UEE**

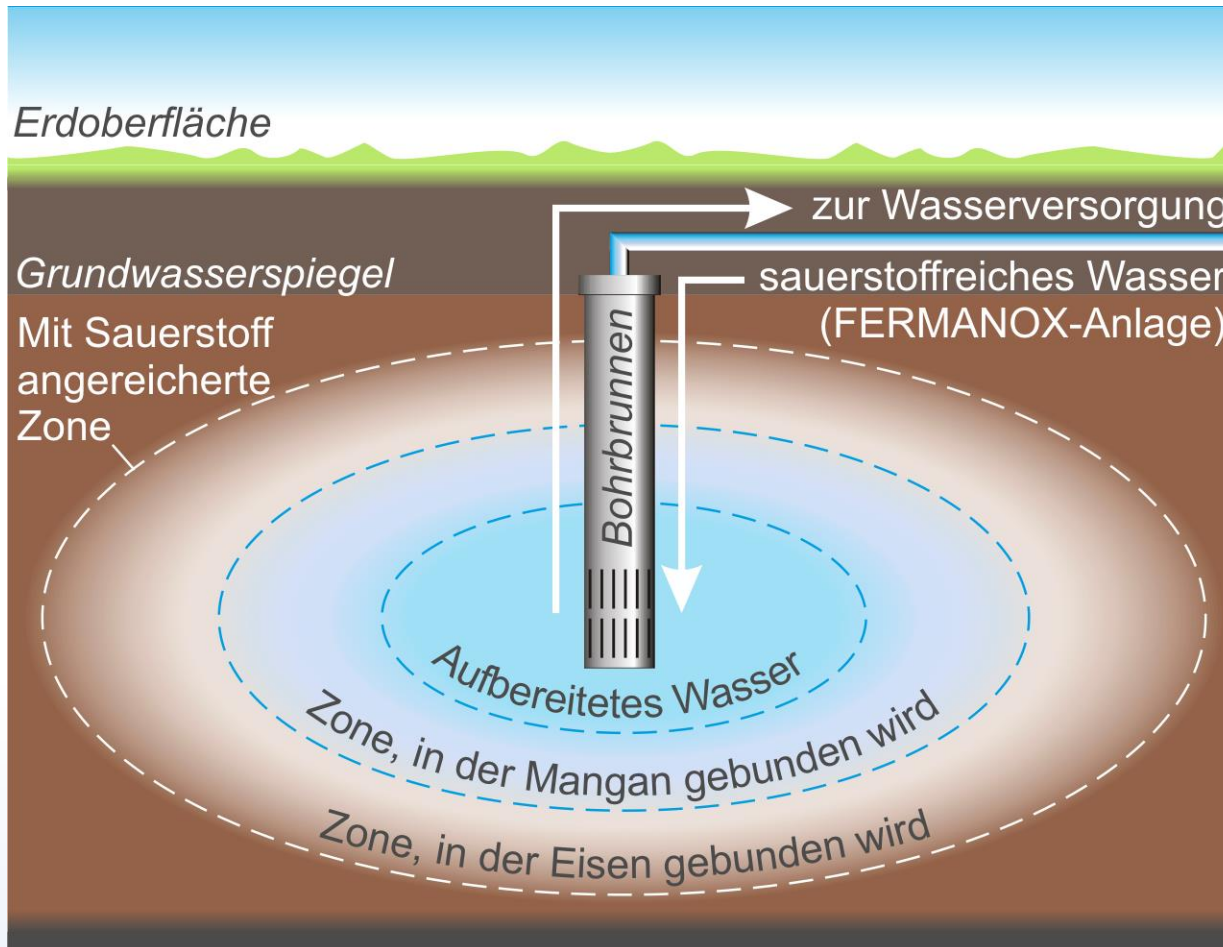


Auslieferung der ersten FERMANOX-Anlagen 1985



Wasserwerk Boker Heide, Paderborn

■ Rückführung von sauerstoffhaltigem Wasser in den Bohrbrunnen



Eine natürliche Aufbereitungszone entsteht im Grundwasserleiter



- Eisen oxidiert am äußeren Rand
- Mangan wird in großem Abstand abgeschieden



Aufbereitetes Wasser rund um den Brunnen

■ Sauerstoffanreicherung

- Anreicherung eines Teils vom geförderten Wasser mit Luftsauerstoff
- Rückgeführter Sauerstoff bereitet 2- bis 12-fache Menge Wasser auf
- Regelmäßige Wiederholung (Wechsel Aufbereitung $\leftarrow \rightarrow$ Förderung)

■ Der Reaktionsraum im Grundwasserleiter

- Ist wesentlich größer als alle denkbaren oberirdischen Filter
- Nimmt alle gebildeten Oxide auf und hält Eisen, Mangan und Ammonium vom Brunnen fern

➡ **Das Wasser wird zuerst aufbereitet und dann gefördert**

➡ **Nach kurzer Einlaufzeit fließt im gesamten Wasserversorgungssystem (Brunnen, Pumpen, Rohrleitungen etc.) nur noch eisen- und manganfreies Wasser \rightarrow keine Verockerungen möglich**

➡ **Hohe Effizienz: garantierte Trinkwasserqualität**

- **Längere Lebensdauer der Bohrbrunnen**
 - Hohe Dichte der gebildeten Eisen- und Manganoxide = kleines Volumen
 - Aufbereitungszone im Boden ist riesig und wird im Betrieb größer
 - Oxide werden in zunehmenden Abstand vom Brunnen gebunden
 - In Brunnennähe kein Eisen mehr, natürliche Verockerung nicht möglich

- **Rechenbeispiel (Betriebszeit 30 Jahre):**

- Annahme Eisengehalt: 5 mg/l
- Wasserbedarf: 1.000 m³/Tag (10 Mrd. m³)
- Oxidvolumen nach 30 Jahren: 43 m³
- Oxide: ca. 7% des Porenvolumens



- **Gutachten von Prof. Dr.-Ing. Rott (Universität Stuttgart):**

Lebensdauer eines Bohrbrunnens bei Einsatz einer unterirdischen Wasseraufbereitung liegt weit über dessen normaler Nutzungsdauer

■ Hohe Reinwasserqualität:

Trinkwasserqualität bzgl. Eisen, Mangan, Ammonium

■ Vorteile gegenüber oberirdischen Filtern

- Kein Kieswechsel und keine Rückspülung
- Verockerungsschutz auch für Förderbrunnen / Pumpen
- Kein Wartungsaufwand
- geringes Bauvolumen
- Wirtschaftlichkeit

■ Umweltfreundlichkeit

→ keine Chemikalien, kein Abfall, kein Abwasser

■ Sehr hohe Effizienz

- Eignung auch für schwierig aufzubereitbare Grundwässer
- niedriger Energiebedarf

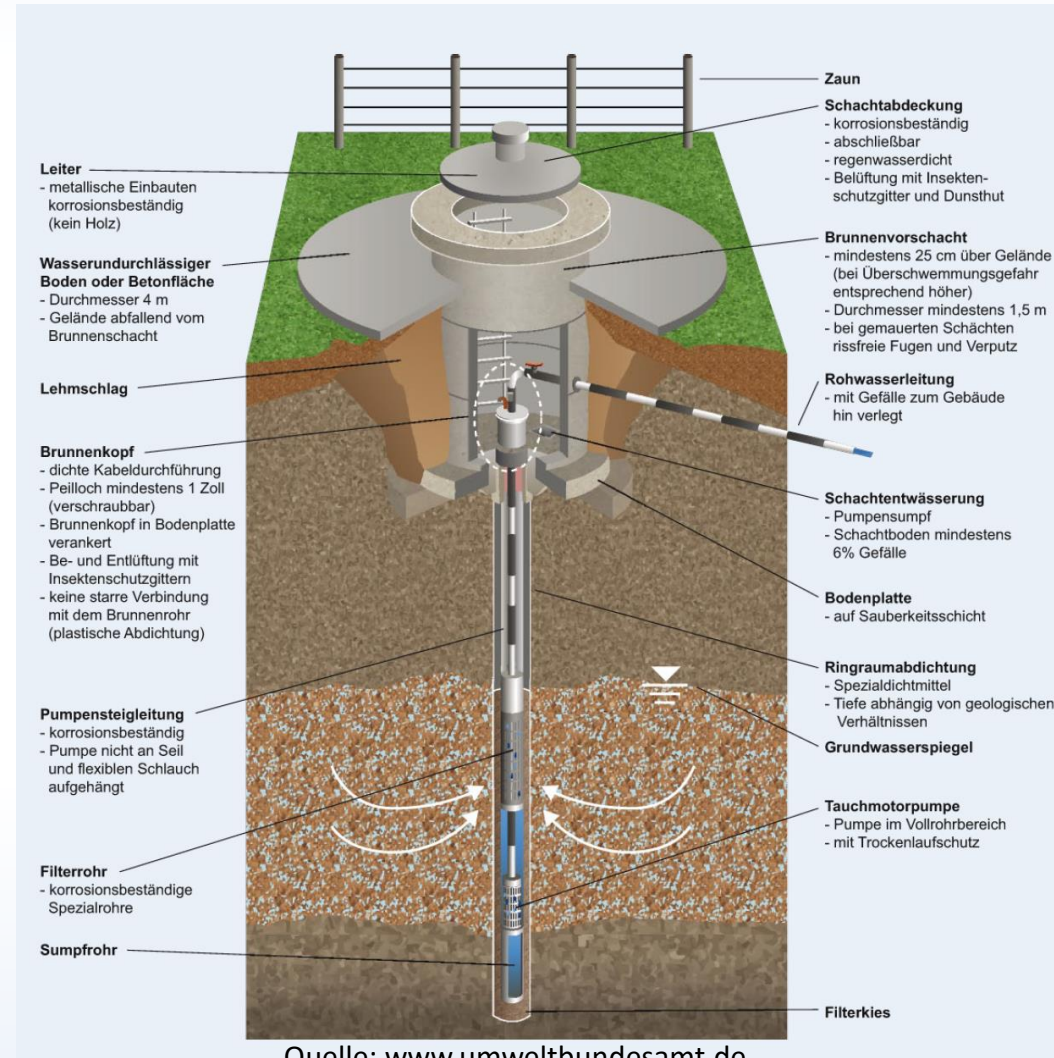


■ Wichtigste Voraussetzung: Bohrbrunnen im Sand / Kies

- Oxidationsprozesse sind Oberflächenreaktionen
- Porengrundwasserleiter bieten viel Oberfläche → gut
- Kluftgestein hat wenig Oberfläche → ungeeignet

■ Brunnenausbau

- Gemäß anerkannten Regeln der Technik (DVGW)
- Nur eine, möglichst kurze Filterstrecke



Quelle: www.umweltbundesamt.de

■ Rohwasserqualität

- Keine Einsatzgrenzen bei hohen Eisen- / Mangankonzentrationen

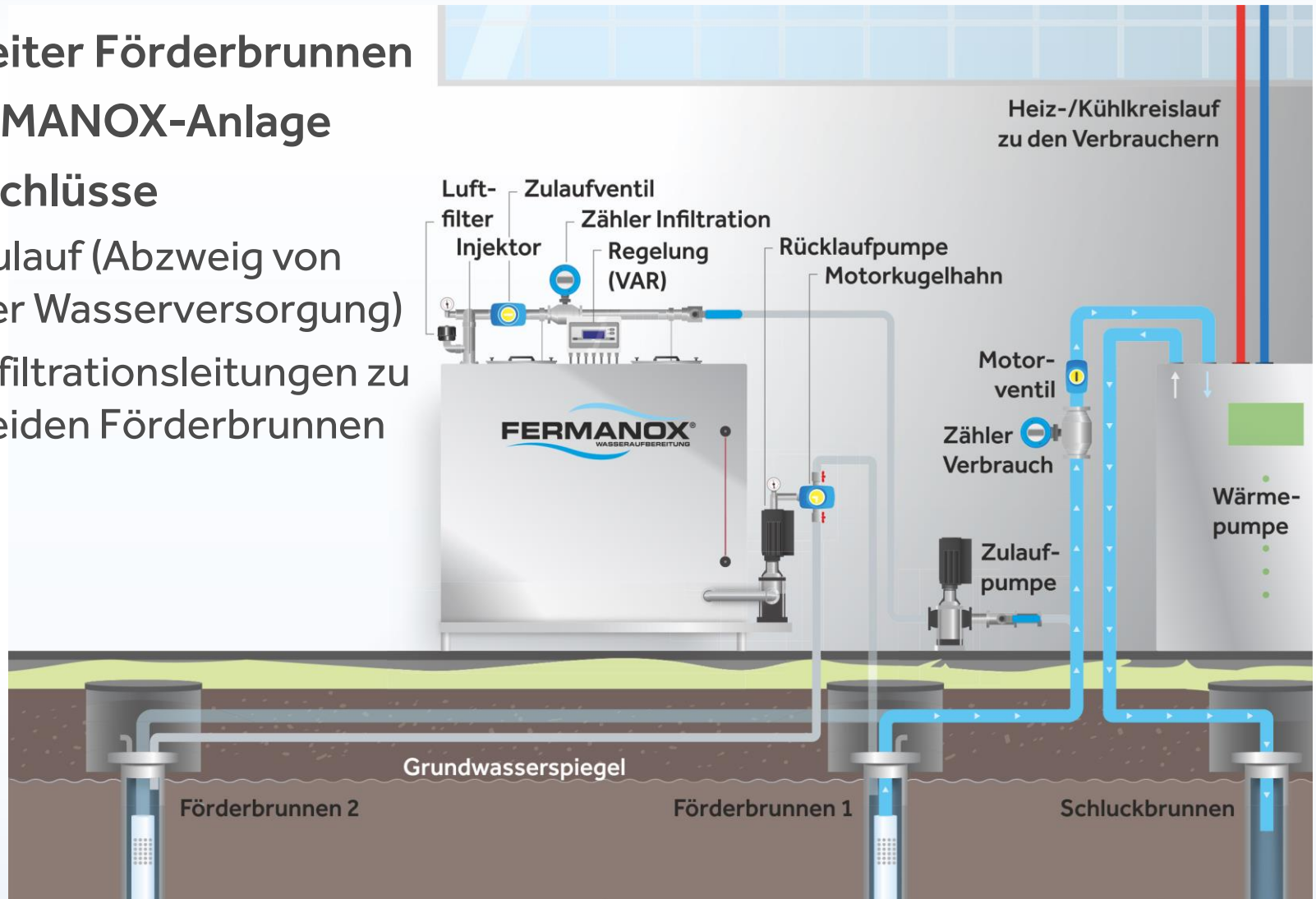
Wasseranalyse	Rohwasser	Reinwasser
Eisen:	36,88 mg/l	0,032 mg/l
Mangan:	8,54 mg/l	0,006 mg/l
Ammonium:	1,16 mg/l	0,05 mg/l

- Hohe Ammoniumkonzentrationen verringern Effizienz
- Niedriger pH-Wert erschwert Entmanganung

■ Hydrogeologie und Brunnenausbau

■ Starke Strömungen im Grundwasserleiter

- Zweiter Förderbrunnen
- FERMANOX-Anlage
- Anschlüsse
 - Zulauf (Abzweig von der Wasserversorgung)
 - Infiltrationsleitungen zu beiden Förderbrunnen



Wechselweiser Betrieb

■ Phase 1

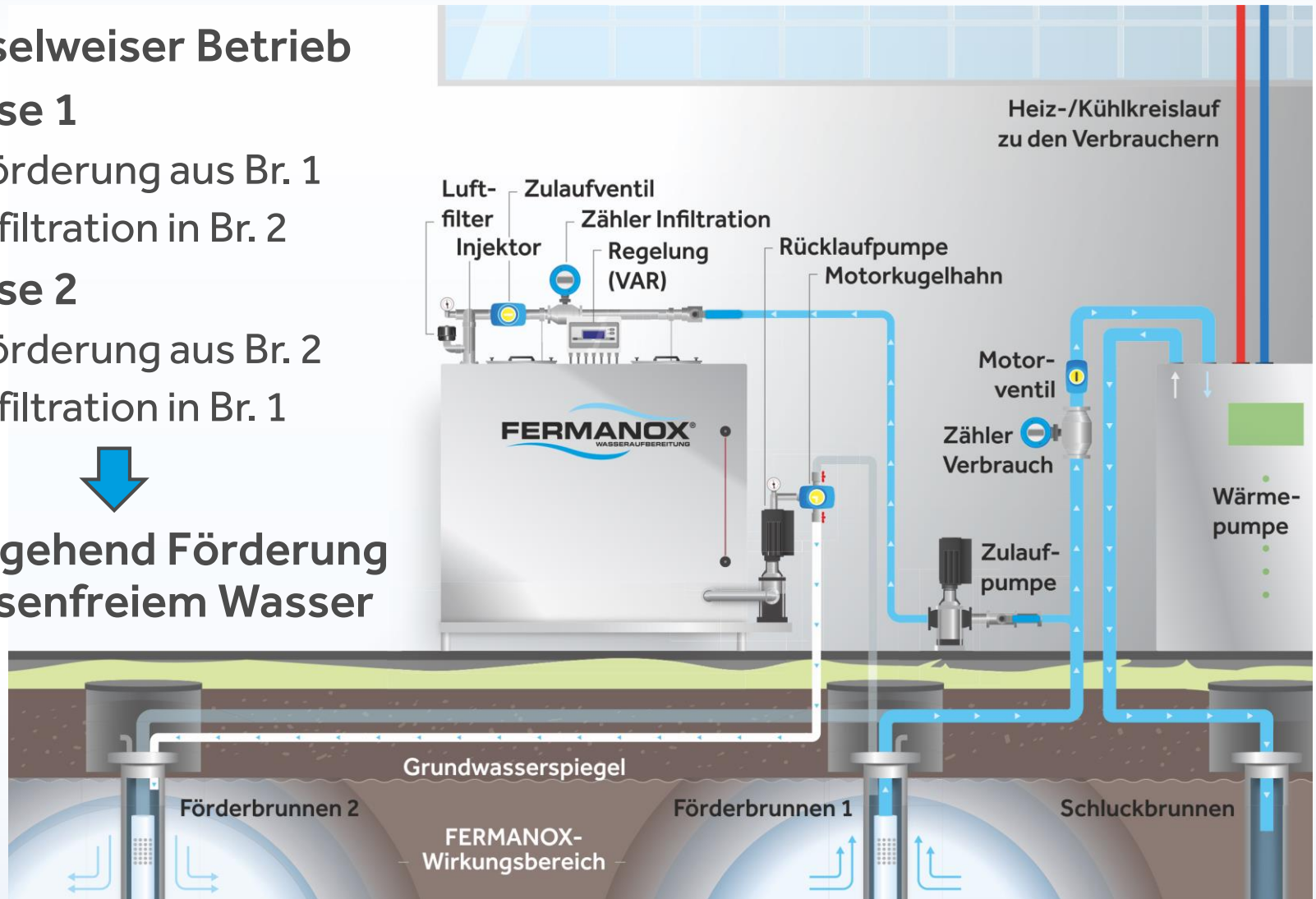
- Förderung aus Br. 1
- Infiltration in Br. 2

■ Phase 2

- Förderung aus Br. 2
- Infiltration in Br. 1



Durchgehend Förderung
von eisenfreiem Wasser



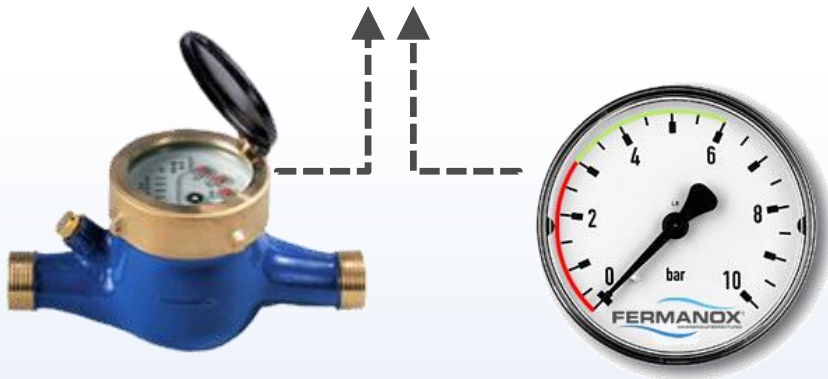
Anlagen für die wechselweise Aufbereitung von 2 oder mehr Brunnen

- **Aufbereitungsleistung:**
100 - 8000 m³/Tag/Anlage
- **Einsatzbereich:**
industriell /kommunal
- **Regelung:**
verbrauchsabhängig
- **Selbstüberwachung:** ja
- **Fernüberwachung:**
möglich
- **Material:**
Edelstahl
- **Individuelle Auslegung**
erforderlich!



■ Verbrauchabhängige Regelung

- optimale Anpassung an schwankenden Wasserverbrauch
- Geringstmöglicher Energiebedarf für die Wasseraufbereitung
- Überwachung des Aufbereitungsprozesses, Alarmgabe und Aufzeichnung bei Abweichungen vom Normalbetrieb
- Anbindung an Leitstand und Ferndiagnose möglich



Auslegung:

- Das Wichtigste: eine Rohwasseranalyse
(Parameter: Fe, Mn, NH₄, KMnO₄, SO₄, pH, Karbonat- und Gesamthärte, NO₂, NO₃)
- Max. täglicher Wasserbedarf
- Brunnendaten
 - (Tiefe, Durchmesser, Filterlänge, Lage)
 - nach Möglichkeit Schichten- und Ausbauverzeichnis,
 - Protokolle von Leistungspumpversuchen und Entsandung
 - Ggf. hydrogeologische Gutachten



Voraussetzungen (Bohrbrunnen):
Ausbau, Schichtenverzeichnisse,
Pumpversuchs- und Entsandungsprotokolle



Grundlagen:
Wasseranalysen, Verbrauchsdaten, etc.



Vorversuche
(optional)



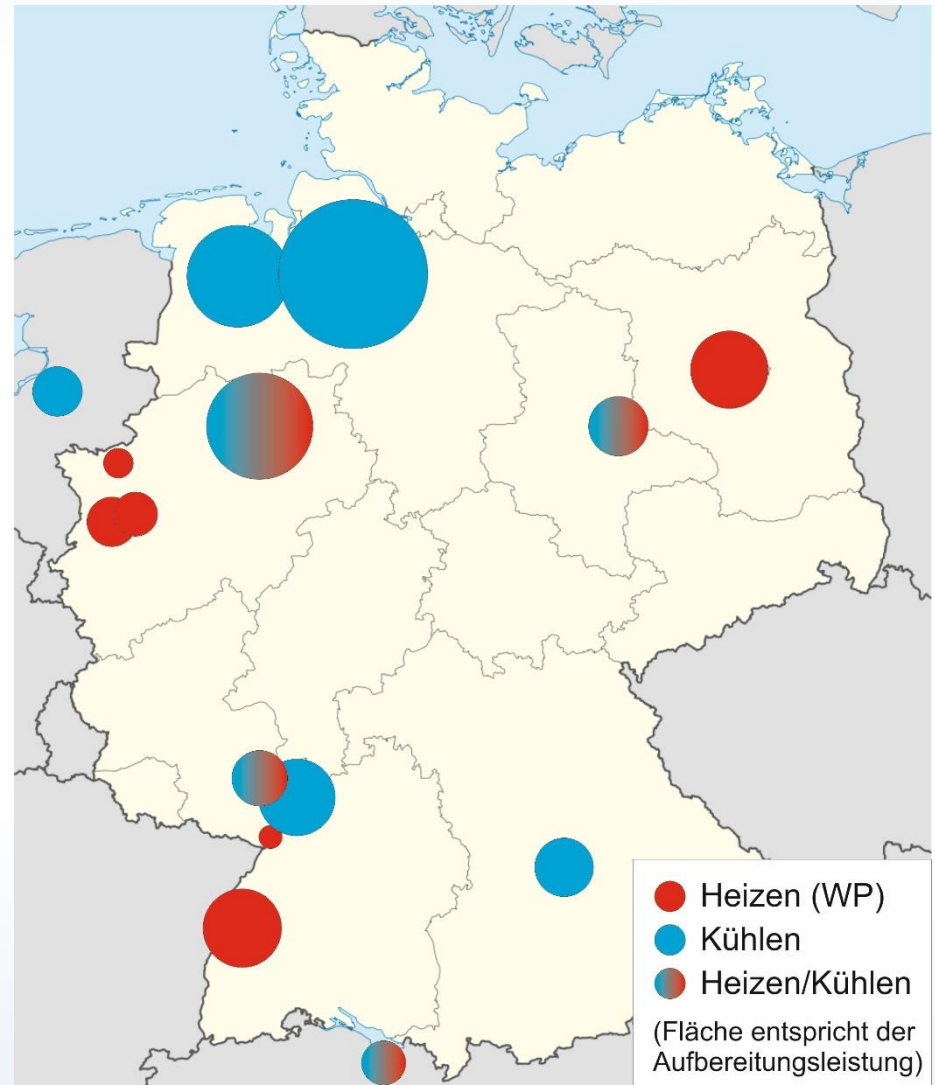
Installation und Inbetriebnahme



Einlaufphase (Analytik)



- Älteste FERMANOX-Anlage für Geothermie: 1997 (Wärmepumpe Privathaus)
- Größte FERMANOX-Anlage für Geothermie: 1.800 m³/d (direkte Kühlung von Lebensmittelkonserven)
- Schlechtestes Rohwasser bei Geothermieanlage: 10 mg/l Eisen, 1 mg/l Mangan



Friedrich Wenner GmbH & Co. KG, Hersteller von Kartonagen

■ FERMANOX[®]-Anlage: WV 100 / 1 / 100 P Professional

- Heizen mit Wärmepumpe, direktes Kühlen von Druckmaschinen
- Aufbereitungsleistung: 920 m³/Tag
- Inbetriebnahme: 2011
- Eisen im Rohwasser: 4,4 mg/l (im Reinwasser 0,01 mg/l)



KD Elektroniksystem GmbH, Klimatisierungssysteme

■ FERMANOX[®]-Anlage: WV 80 / 1 / 40 P Professional

- Gebäudeklimatisierung, Serverkühlung
- Aufbereitungsleistung: 390 m³/Tag
- Eisen im Rohwasser: 8,7 mg/l (im Reinwasser 0,02 mg/l)
- Mangan im Rohwasser: 0,70 mg/l (im Reinwasser 0,03 mg/l)



- Häufiges Problem bei geothermischen Brunnenanlagen: Ablagerungen (Verockerungen) durch Eisen und Mangan
- Lösung: In-Situ-Enteisenung im Grundwasserleiter:
 - Rückführung von sauerstoffhaltigem Wasser in den Grundwasserleiter
 - Natürliche Aufbereitung im Boden, eisenfreies Wasser wird gefördert
 - Kein Filtermaterial, keine Rückspülung, kein Abfall
 - Energiesparend (nur eine Teilmenge wird mit Sauerstoff angereichert)
 - Längere Lebensdauer von Brunnen, Pumpen etc. – keine Verockerung
- Voraussetzung: Zwei Förderbrunnen im Lockergestein
- Kombination von offener Geothermie mit In-Situ-Enteisenung ist betriebssicher und effizienter als geschlossene Systeme
- Sehr wirtschaftliche Lösung, insbesondere für Großanlagen



Wasserbild: © Copyright Ralf Müller

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

In-Situ-Enteisung bei geothermischen Brunnenanlagen

Dr.-Ing. Torsten Winkelkemper

Tel.: 02523 - 7408

Mail: info@fermanox.de

FERMANOX.DE