

Kombination von Flacher Geothermie und Bodensanierung – Praxiserfahrungen in den Niederlanden

Charles Pijls, Tauw bv



Tauw

Inhalte

- Flache Geothermie in den Niederlanden
 - Konfigurationen
 - Bodenschutzgesetze
- Auswirkungen der flachen Geothermie
 - Geochemisch/biologisch
 - Hydrologisch
 - Optimierung
- Praxisbeispiele



Tauw

Geothermie in den Niederlanden

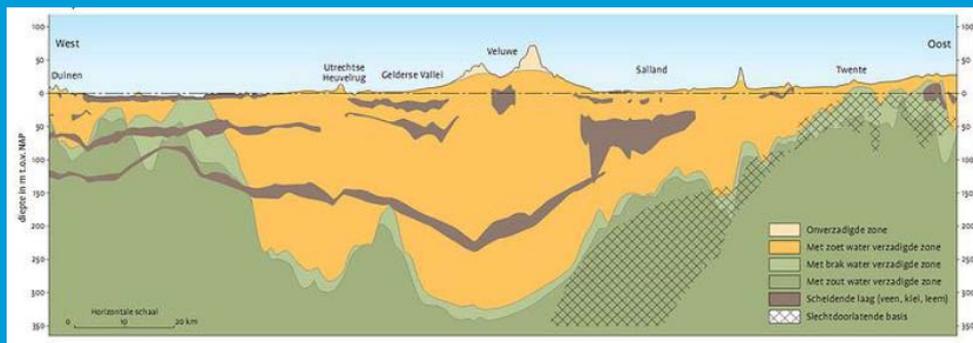
- Renewable Energy: Anteil 2010: 3,8 %
 - Geothermie entspricht 1,5 % der Renewable Energy
- Oberflächennahe Systeme
 - Offen : Kollektoren (980)
 - Geschlossen : Erdwärme Sonden (>20.000)
- Tiefe Systeme
 - 6 Tiefbohrsysteme (1.600-2.300 m)
 - 1 System in alter Mine



Tauw

Aquifere in den Niederlanden

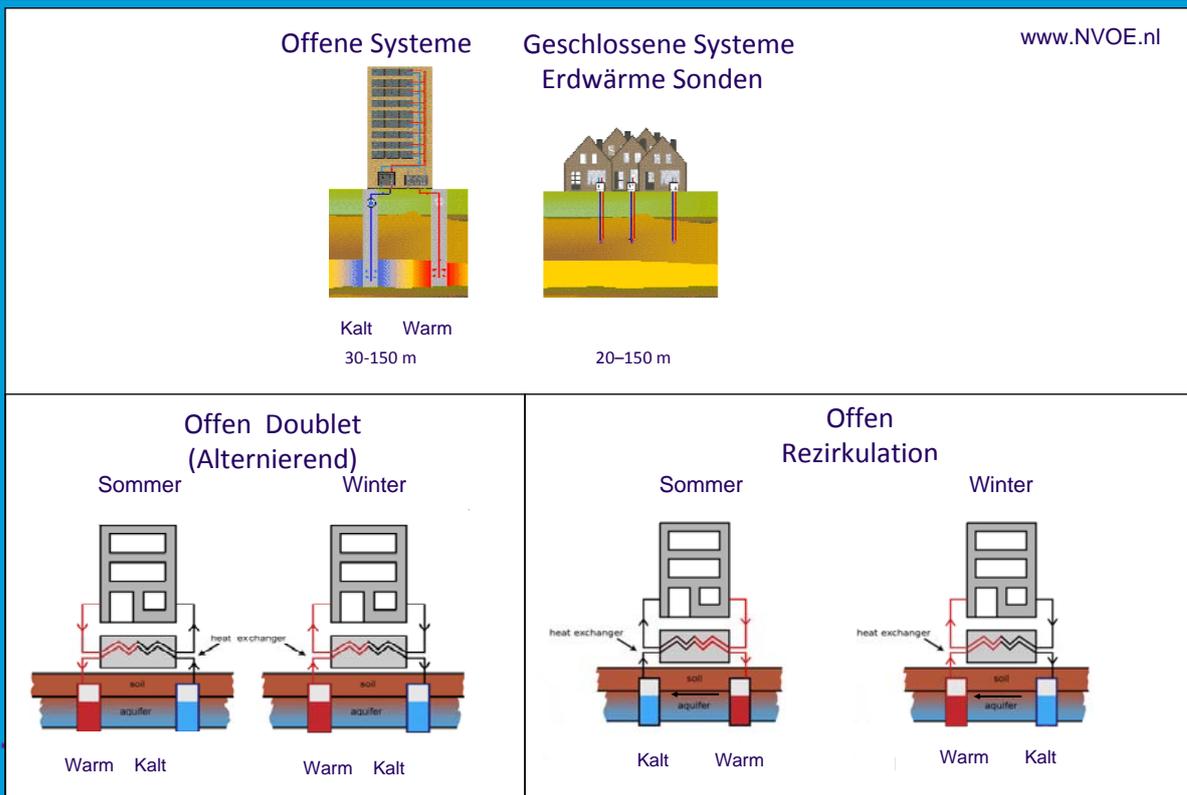
- überwiegend sandige Aquifere
- sehr gut geeignet für flache Geothermie
- grosse geochemische Gradienten
 - Aerob → Anaerob



Tauw

BOEG

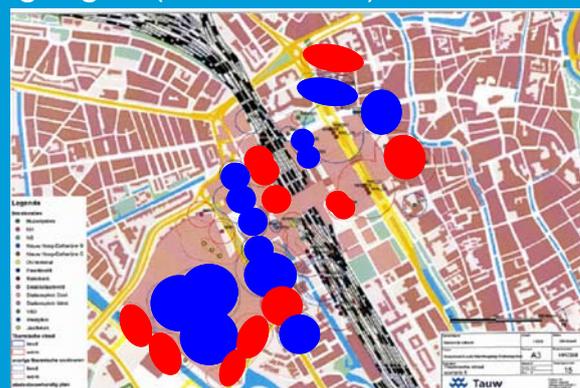
Geothermie in den Niederlanden



Konkurrierende Nutzungen des Untergrundes

wichtige Funktionen des Untergrundes:

- Trink- und Brauchwasserentnahme
- Infrastruktur, Baugrund
- Wasserentnahme für "trockene Füße"
- Bodenenergie
- Schadstoffsенke für Verunreinigungen (CKW, BTEX)



Bodenschutzgesetze

- Bodenschutzgesetze nicht geeignet:
 - Thermische Interferenz
 - Interferenz mit Kontaminationsfahnen
 - Einfluss auf Verunreinigungen bei Anwendung von Offenen Systemen
- Abstimmung bei Nutzung mehrerer Funktionen notwendig
 - AmvB Bodenenergie
 - Management Grundwasserverunreinigungen (Gebietsgericht grondwaterbeheer)



Tauw

Auswirkungen von flacher Geothermie auf die Bodenqualität – Chemie und Biologie

- Temperatur
 - Änderungen 5 bis 10°C
 - Keine biologische oder chemische Effekte erwartet
 - Effekte zu erwarten bei > 20°C
- Geochemische Änderungen
 - Mischung verschiedener Redoxzonierungen
 - Eisen-Ausfällungen
- Natural Attenuation
 - Keine positiven biologische Effekte
 - Störung von Natural Attenuation Prozesse durch Mischung



Tauw

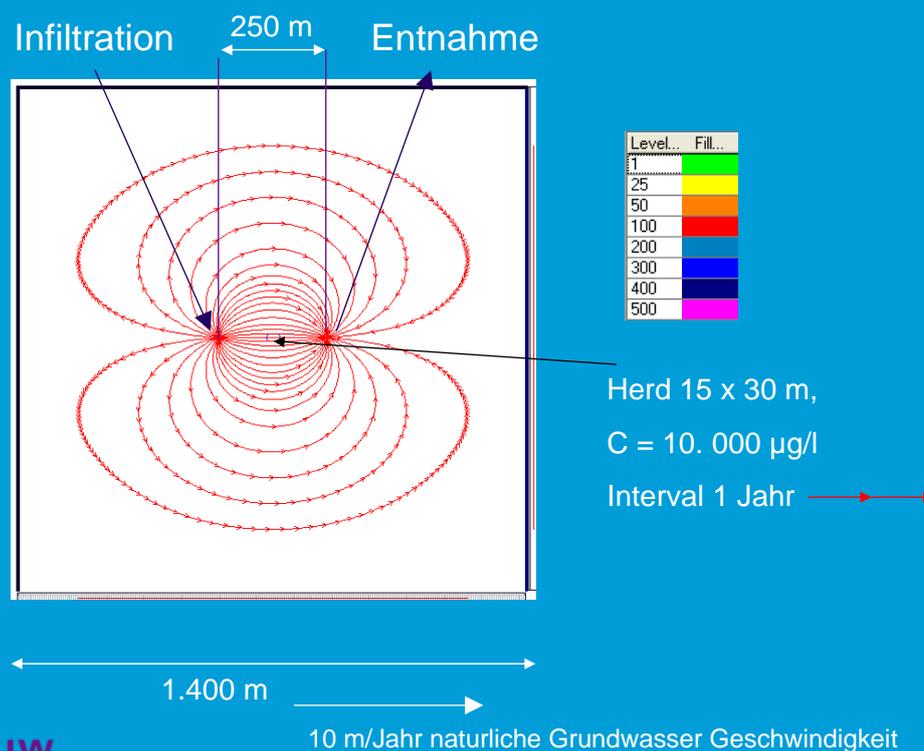
Auswirkungen von flacher Geothermie auf die Bodenqualität – Hydrologie

- Was geschieht mit einer Kontaminations Fahne bei den verschiedenen Typen von Erdwärme-Systemen ?
- MODFLOW Modellierung
- RT3D source code Anpassung
 - Infiltration Fracht aus Entnahmebrunnen ermöglicht
 - Modellierung offene Systeme (Kollektoren)
 - Doubletten
 - Rezirkulationsysteme
 - kD 500, $K = 25$ m/dag
 - $D = 20$ m
 - $I = 0,001$
 - $Q = 2.400$ m³/Tag (100 m³/st)
 - Kein Natürlicher Abbau → Cis und vinylchloride in leicht anaeroben aquifer



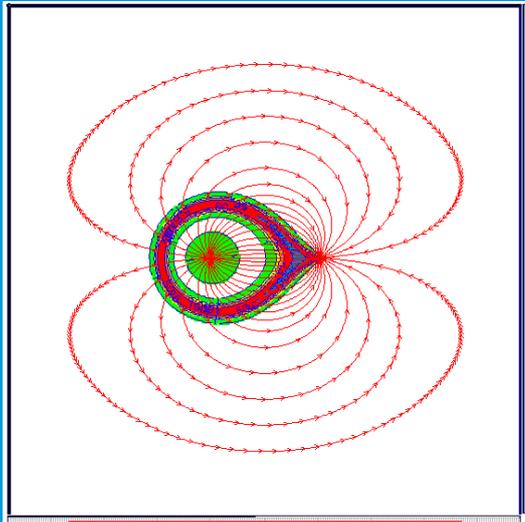
Tauw

Rezirkulation (0 Jahr)



Tauw

Rezirkulation (1 Jahr)



Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

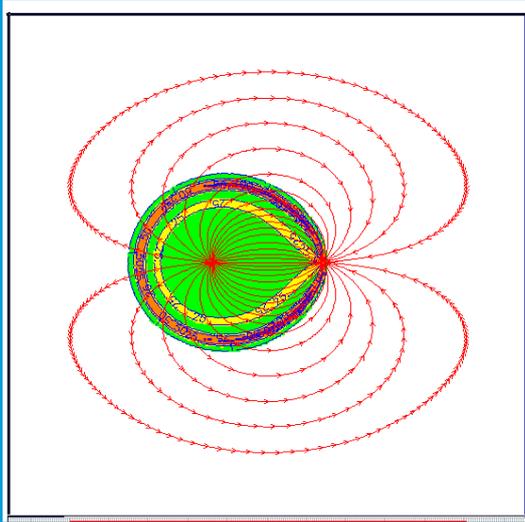
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (2 Jahren)



Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

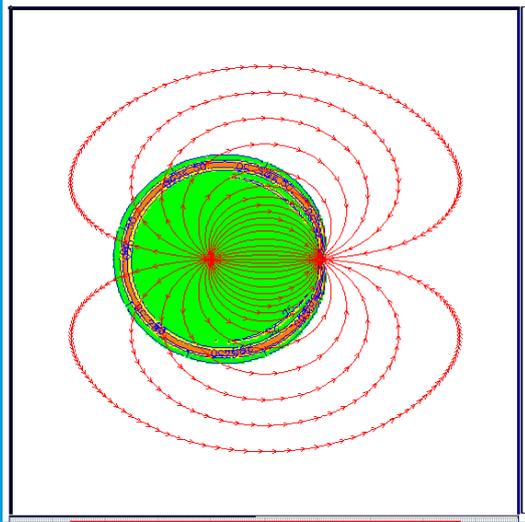
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (3 Jahren)



Level...	Fill...
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

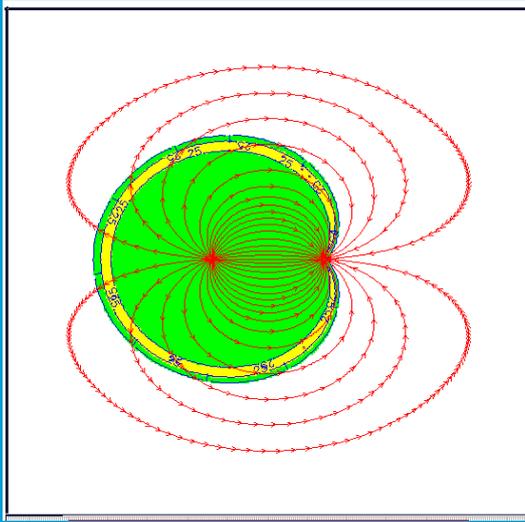
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (5 Jahren)



Level...	Fill...
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

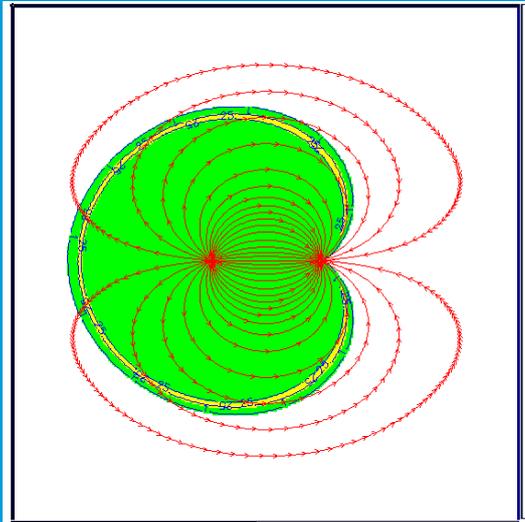
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (10 Jahren)



Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

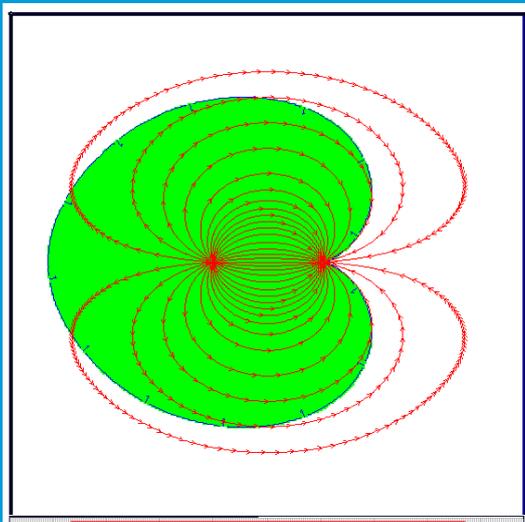
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (15 Jahren)



Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

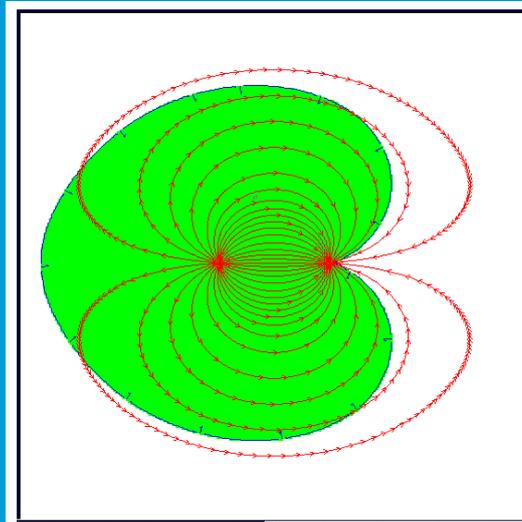
Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

1.400 m



Tauw

Rezirkulation (20 Jahren)



Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

Herd 15 x 30 m,
C = 10.000 µg/l

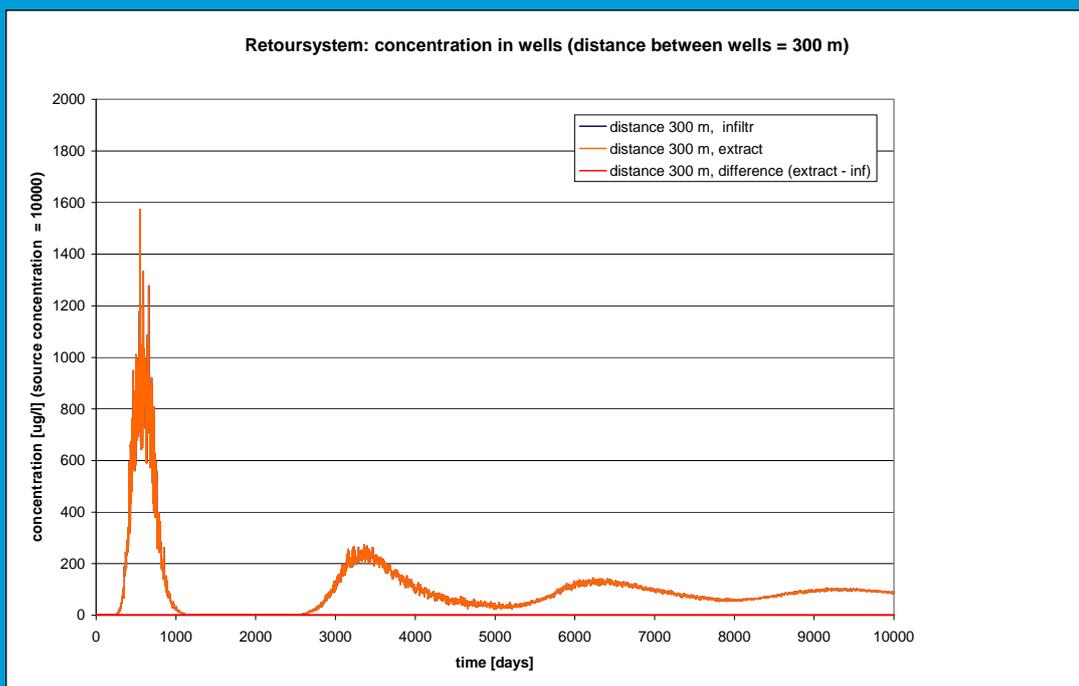
Conc = ± 5 µg/l
Verdünnungsfaktor = 2000

← 1.400 m →



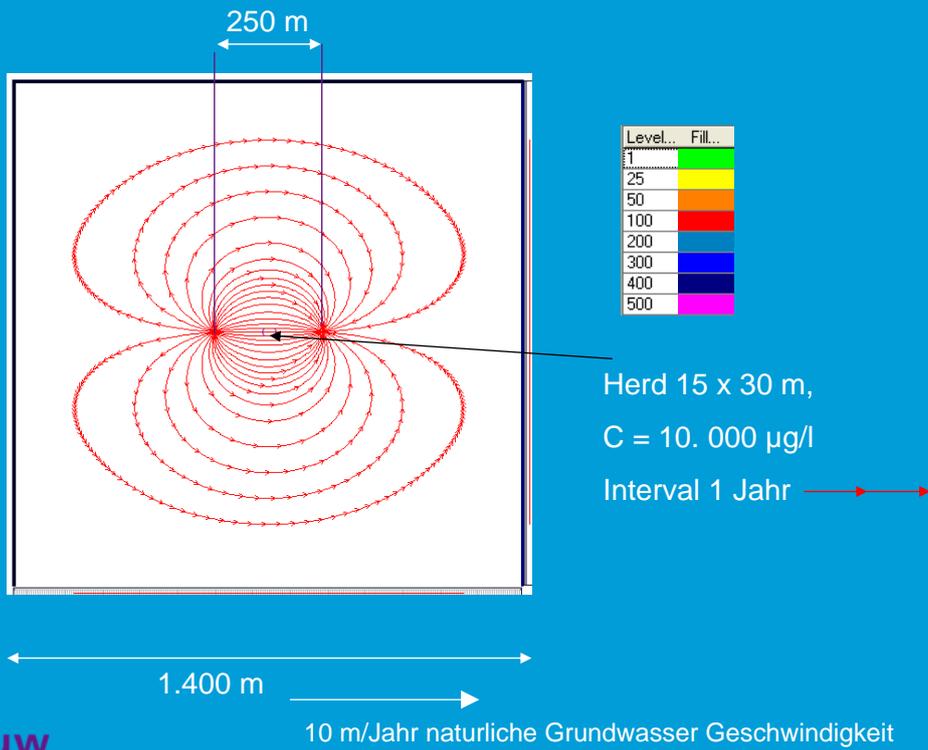
Tauw

Verlauf der Konzentration im Rezirkulationswasser



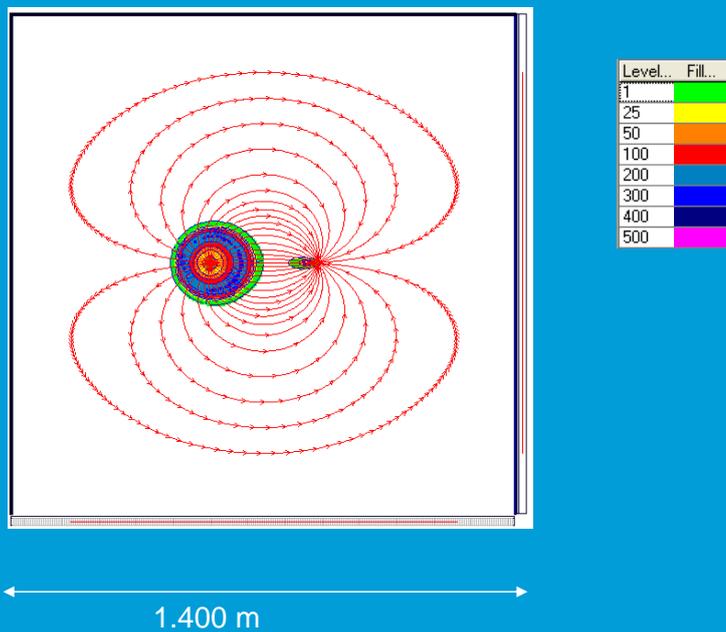
Tauw

Doublet (alternierend) (0 Jahren)



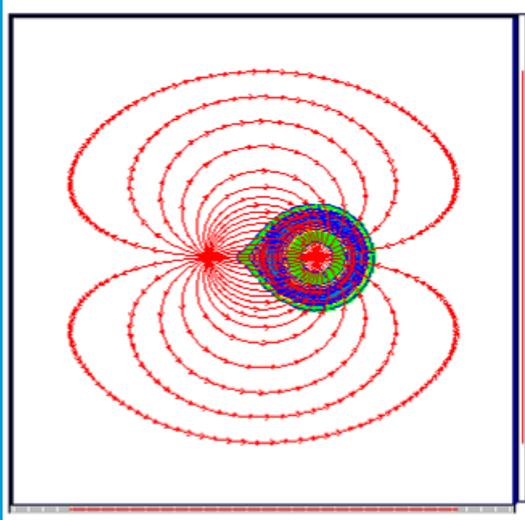
Tauw

Doublet (alternierend) (0,5 Jahr)



Tauw

Doublet (alternierend) (1 Jahr)



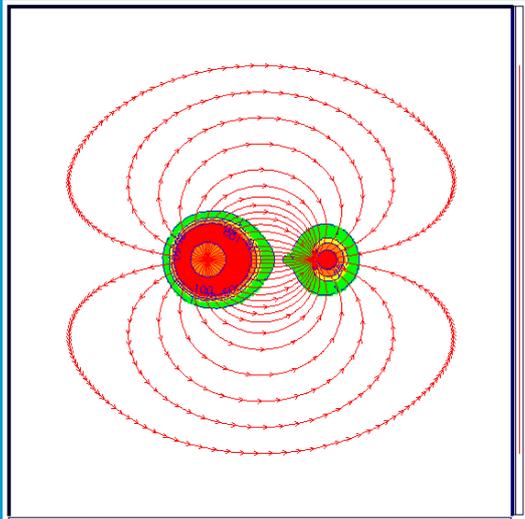
Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

← 1.400 m →



Tauw

Doublet (alternierend) (1,5 Jahren)



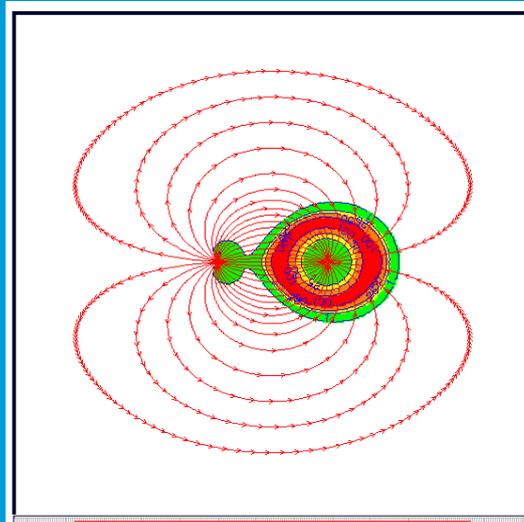
Level...	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

← 1.400 m →



Tauw

Doublet (alternierend) (2 Jahren)



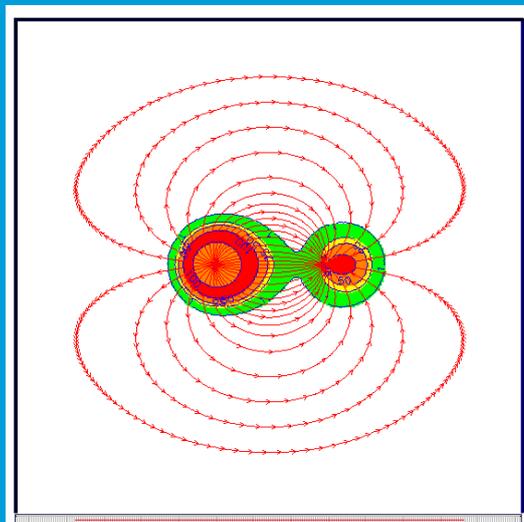
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (2,5 Jahren)



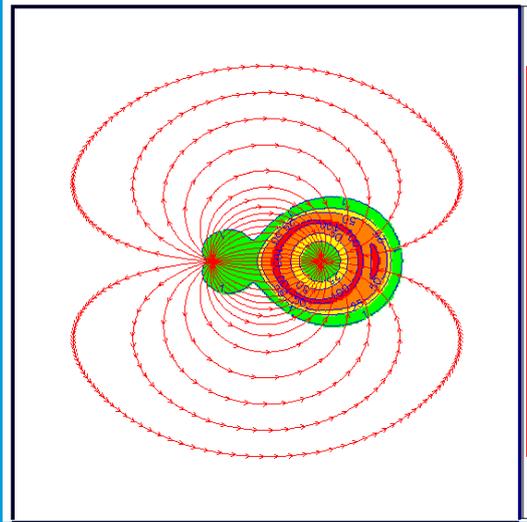
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (3 Jahren)



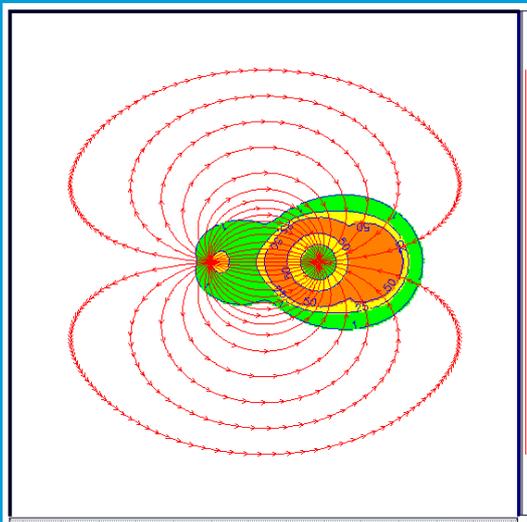
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (5 Jahren)



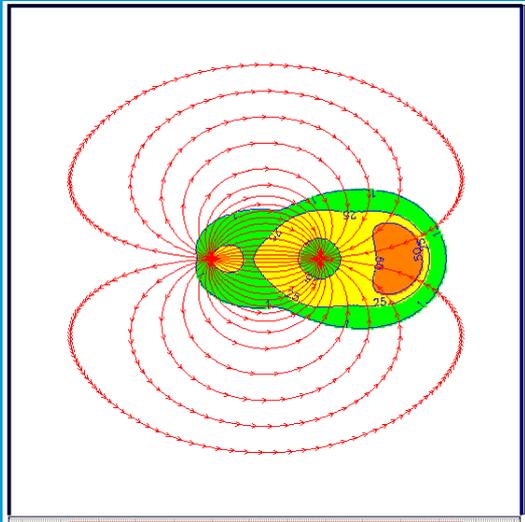
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (7 Jahren)



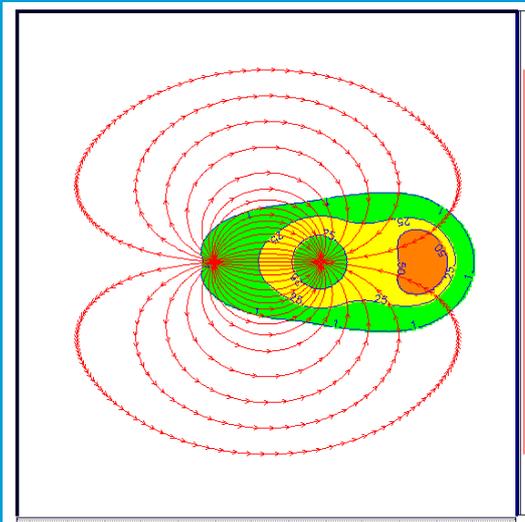
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (10 Jahren)



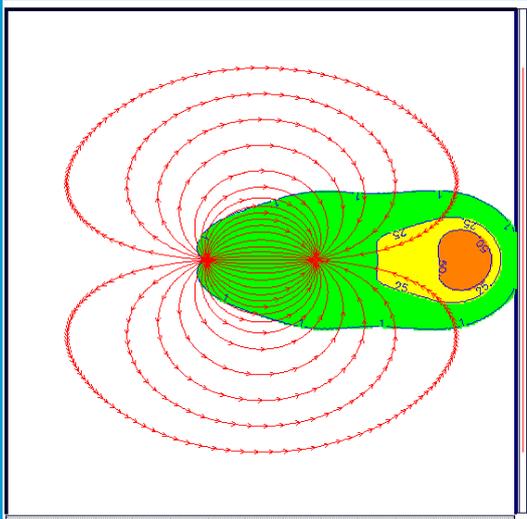
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Light Blue
300	Dark Blue
400	Dark Blue
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (15 Jahren)



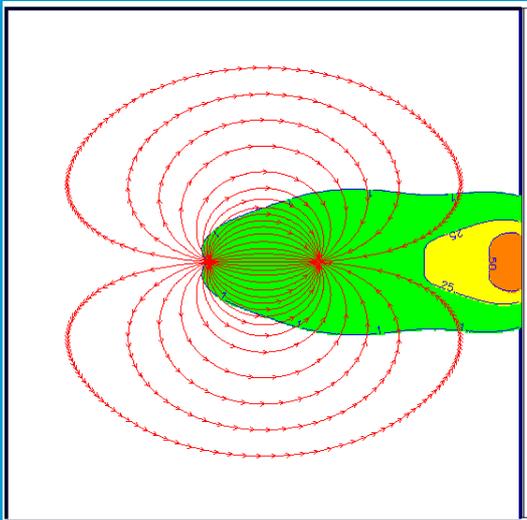
Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

1.400 m



Tauw

Doublet (alternierend) (20 Jahren)



Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

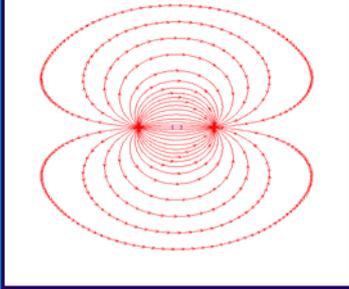
1.400 m



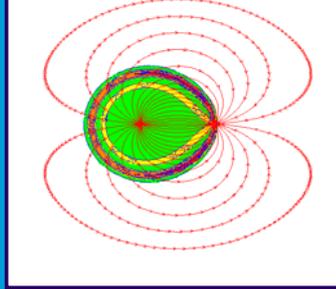
Tauw

Rezirkulierend

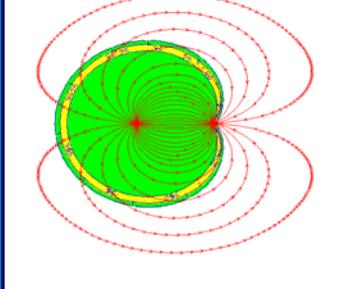
0 Jahren



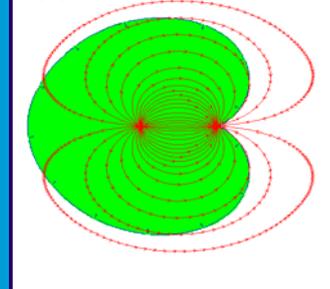
2 Jahren



5 Jahren



15 Jahren



Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

Rezirkulierend

100 m³/St

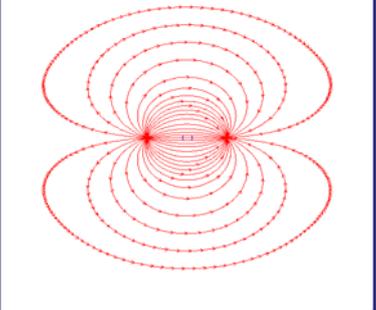
Verdünnungsfaktor

2000 [-]

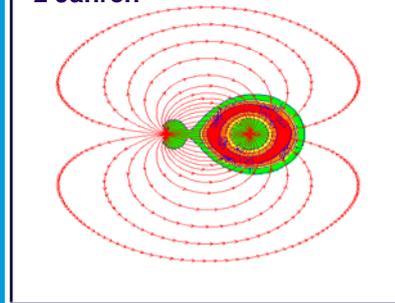


Doublet (alternierend)

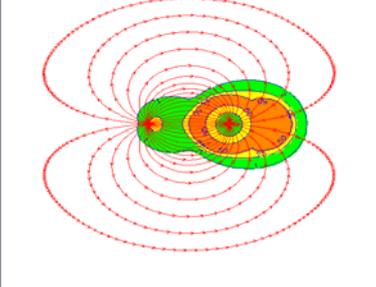
0 Jahren



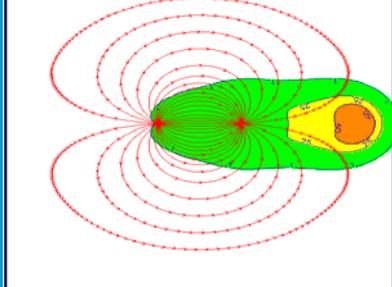
2 Jahren



5 Jahren



15 Jahren



Level..	Fill..
1	Green
25	Yellow
50	Orange
100	Red
200	Blue
300	Dark Blue
400	Black
500	Magenta

Doublet

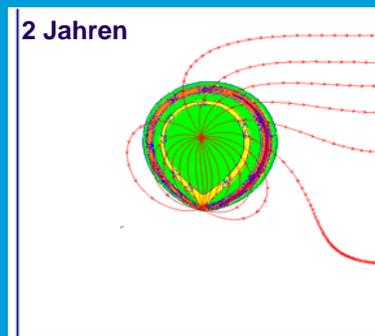
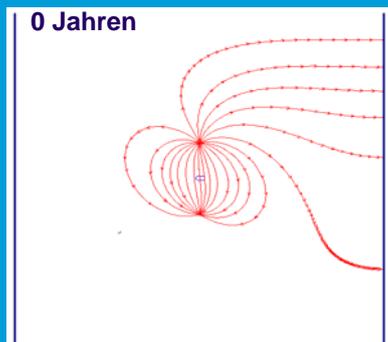
100 m³/St

Verdünnungsfaktor

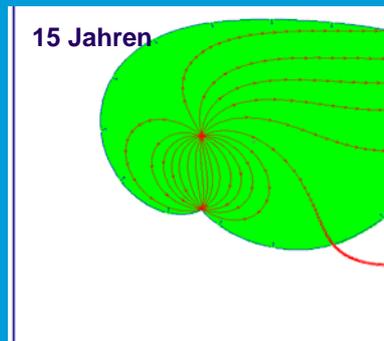
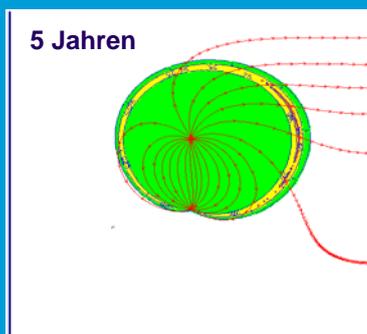
200 [-]



Rezirkulierend Quer auf natürliche Grundwasserfließrichtung



Rezirkulierend
100 m³/St



Verdünnungsfaktor
4000 [-]



Fazit hydrologische Auswirkung

- Verdünnungsfaktor nach 20 Jahren

	Rezirkulierend	Doublet (Alternierend)
Quer auf Grundwasserfließrichtung	300 bis 5.000	125 bis 1.000
In der Grundwasserfließrichtung	2000	200

- Rezirkulierende Systeme → Breite Fahne, niedrige gehalten
- Achtung bei Entwurf Monitoring Systeme und Interpretation der Daten



Optimierung sanierende Wirkung

- Biologischen Abbau stimulieren
- Wasser entnehmen aus dem System
 - Teilentnahme und Reinigung
 - Vollständige Entnahme und Reinigung



Tauw

Stimulierung Sanierung

- Stimulierung bei anaerobem Abbau von CKW
 - Addition Organische Substrate
- Geochemische Effekte unbekannt
 - EisenSulfid (FeS) Ausfällung
 - Produktion Biomasse im System

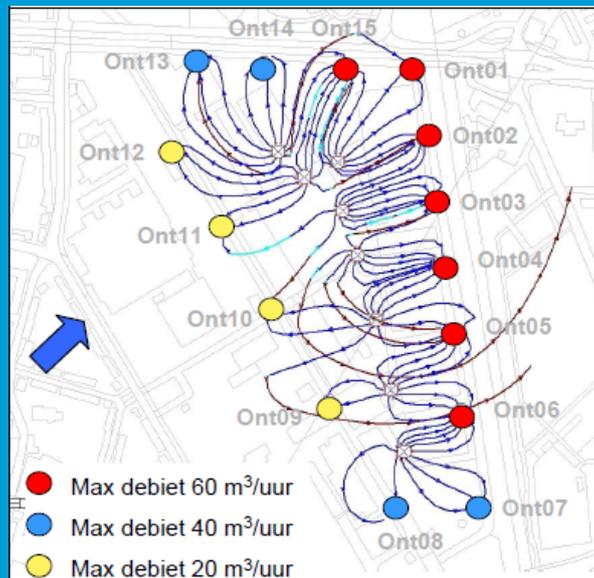


Tauw

Praxisbeispiele - Rezirkulierung

Eindhoven

- CKW
- Keine Entnahme

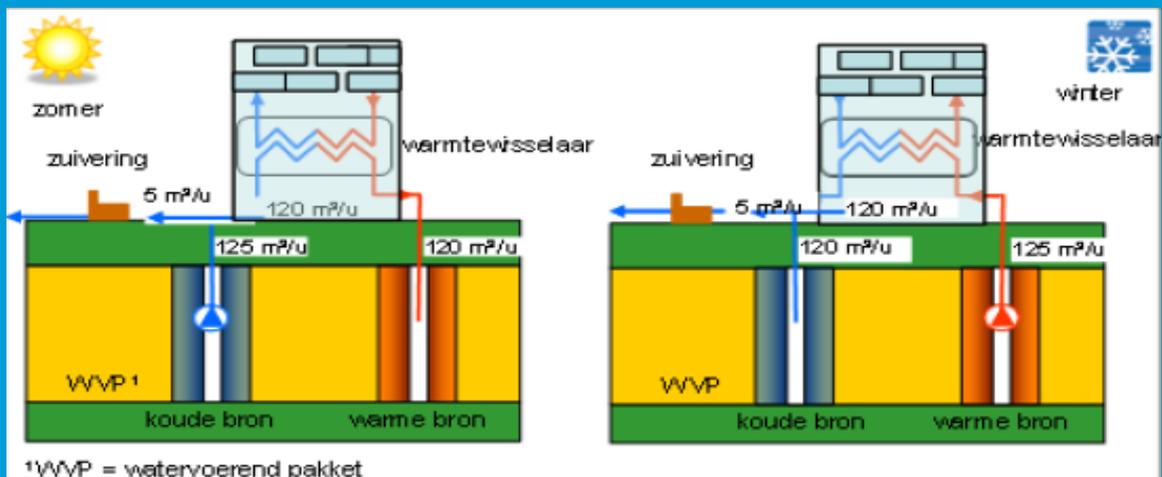


Tauw

Praxisbeispiel – Teil Entnahme

Woerden

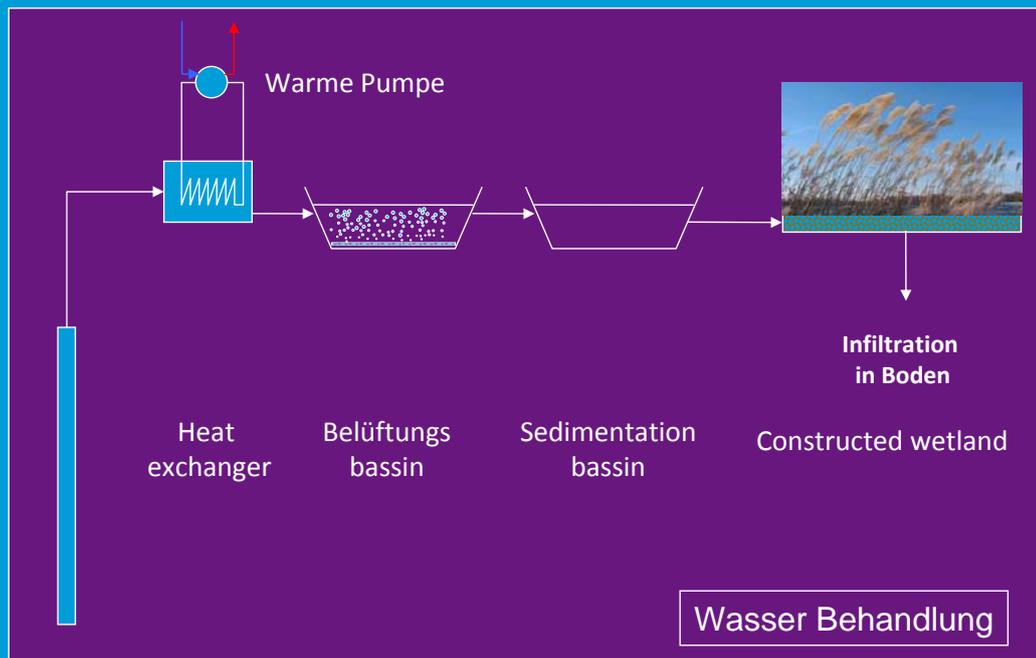
- CKW
- Teil-Entnahme von Wasser (5 m³/St) aus Doublet System



Tauw

Quelle : TTE

Praxisbeispiele - Entnahme



Tauw

Dankwort

- Jan Boode, Tauw Deventer (NL)
- Ludwig Immler, Tauw Regensburg (D)



Tauw