Verweilzeitbestimmung von Wässern in tieferen Grundwasserleitern des Süßwasserstockwerkes in Brandenburg

Abgleich Genesemodell des LBGR mit Altersbestimmungen durch Isotope und Edelgase

Dipl.-Geol. Dietmar Brose

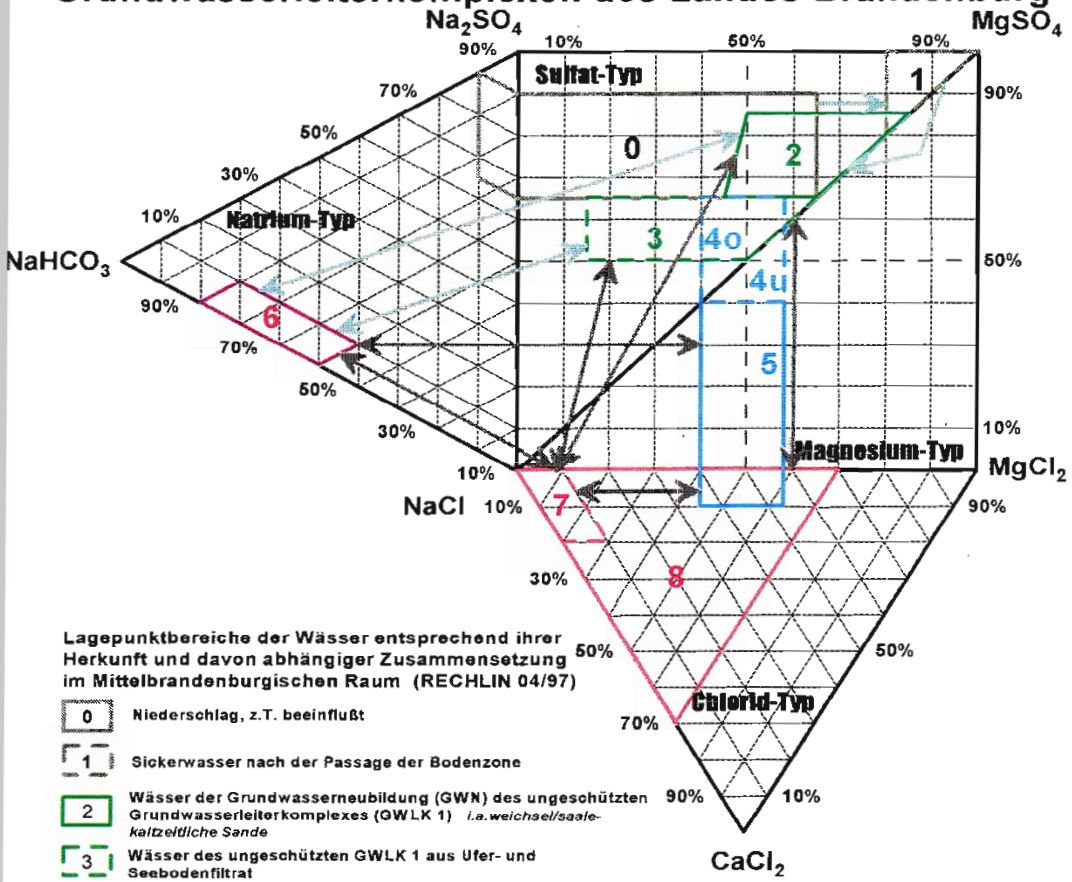
LBGR BRANDENBURG

Dr. Falk Bednorz

HGN FUGRO-HGN GmbH Wasser · Boden · Umwelt

LAND BRANDENBURG

Hydrogeochemisches Genesemodell der Wässer in den Grundwasserleiterkomplexen des Landes Brandenburg



Lagepunktbereiche der Wässer entsprechend ihrer Herkunft und davon abhängiger Zusammensetzung im Mittelbrandenburgischen Raum (RECHLIN 04/97)

- 0 — Niederschlag, z.T. beeinflußt
- 1 — Sickerwasser nach der Passage der Bodenzone
- 2 — Wässer der Grundwasserneubildung (GWN) des ungeschützten Grundwasserleiterkomplexes (GWLK 1) *i.a.weichsel/saale-kaltzeitliche Sande*
- 3 — Wässer des ungeschützten GWLK 1 aus Ufer- und Seebodenfiltrat
- 4 — Wässer im Liegenden des GWLK 1 bzw. im Bereich hydrogeologischer Fenster zwischen GWLK 1 und GWLK 2
- 5 — Wässer mit längeren Aufenthaltszeiten ('ältere GWN') des geschützten GWLK 2 *i.a. saalekaltzeitliche Sande*
- 6 — gut geschützte Wässer des GWLK 3 ohne bzw nur mit geringen Anteilen vonGWN *i.a. elsterkaltzeitliche und tertiäre Sande*
- 7 — sehr gut geschützte, hoch mineralisierte Wässer des Tiefenwasserstockwerkes (TWS 1) *i.a. Rupelbasissande, Aquifere von Kreide, Jura, Trias*
- 8 — sehr gut geschützte, hoch mineralisierte Wässer des TWS 2 *i.a. Intrasalinare Restlaugen des Röt, Zechstein*

Entwicklungen der Lagepunkte auf dem Transportweg der Wässer nach ihrer Herkunft bzw. den Lagerungsverhältnissen

Hydrogeochemisches Genesemodell der Wässer in den Grundwasserleiterkomplexen des Landes Brandenburg
Gliederung nach maßgebenden hypothetischen Salzen
(RECHLIN, B. & W.SCHIRRMEISTER 1997; Berechnungen und Diagramme nach VALJAŠKO 1961)

LGR Brandenburg

LAND BRANDENBURG

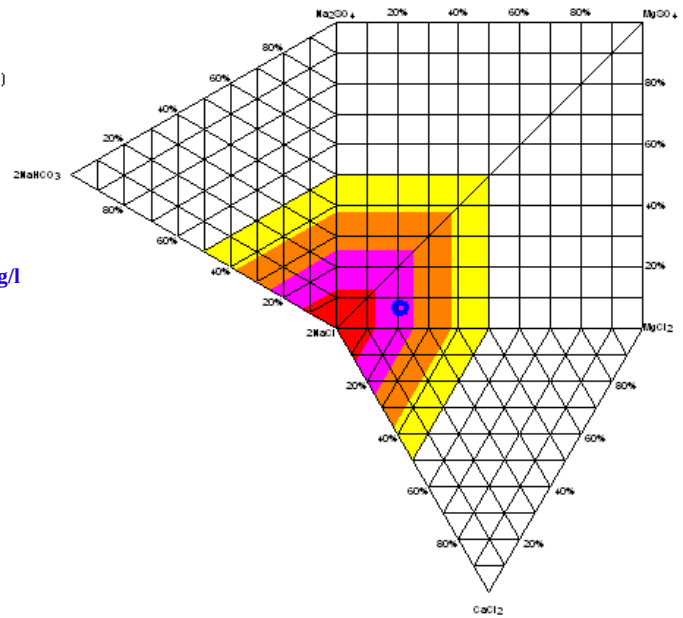
Auswertung nach dem Genesemodell
Atlantik bei Fuerteventura 2002-02-14

Beschreibung:
Probenahmedatum: 14.02.2002
Vorortparameter: pH: 8,1; Lf: 55700 [µS/cm]; T: °C
Organische Parameter: DOC: [mg/l]; CSV: [mg/l]; UV254: [1/m]

Legende
Lagepunkt Analyse: (d=6,6 e=20,8)

Bewertung ges. Analyse: mäßig
Bewertungen (Farbe): (gut, mäßig, schlecht)

Bilanz
Mineralisation: 36649,000 mg/l
Ionenbilanz: -6,4489 mmol/l (eq) -1,0215%
(DVWK 128/1992)



Cl 20306 mg/l

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	158,00	2,5912
SO4	2853,0	59,342
Cl	20306	572,63
Br	0,0000	0,0000
NO3	0,0000	0,0000
B	0,0000	0,0000
I	0,0000	0,0000
NO2	0,0000	0,0000
PO4	0,0000	0,0000
SO4 ges.	0,0000	0,0000

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	465,00	23,204
Mg	1487,0	122,23
Na	10690	465,02
K	690,00	17,664
NH4	0,0000	0,0000
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,0000	0,0000
Mn ges.	0,0000	0,0000
Fe gel.	0,0000	0,0000
Fe ges.	0,0000	0,0000
Al	0,0000	0,0000
Zn	0,0000	0,0000

Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	0,413	CaSO4	3,282	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	0,000	MgSO4	6,166	MgCl2	13,29	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	0,000	Na2SO4	0,000	NaCl	74,03	NaNO3	0,000	NaBr	0,000
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	2,812	KNO3	0,000	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,000	NH4NO3	0,000	NH4Br	0,000
Karbonate	0,413	Sulfate	9,448	Chloride	90,14	Nitrate	0,000	Bromide	0,000

LAND BRANDENBURG

Auswertung nach dem Genesemodell
Ostsee bei Meschendorf 2002-03-26

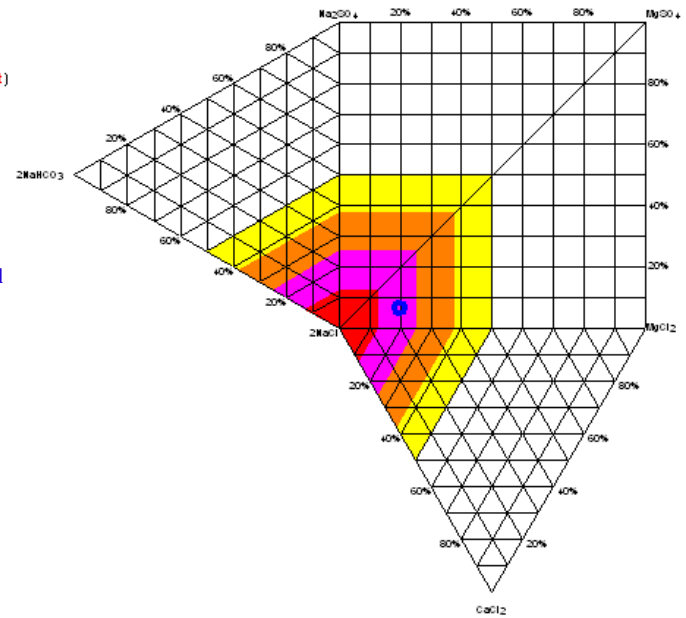
Beschreibung:
Probenahmedatum: 26.03.2002
Vorortparameter: pH: 7,9; Lf: 18720 [µS/cm]; T: °C
Organische Parameter: DOC: [mg/l]; CSV: [mg/l]; UV254: [1/m]

Legende
Lagepunkt Analyse: (d=6,6 e=19,8)

Bewertung ges. Analyse: mäßig
Bewertungen (Farbe): (gut, mäßig, schlecht)

Bilanz
Mineralisation: 10741,000 mg/l
Ionenbilanz: -2,6769 mmol/l (eq) -1,4531%
(DVWK 128/1992)

Cl 5919 mg/l



Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	126,00	2,0664
SO4	797,00	16,578
Cl	5919,0	166,92
Br	0,0000	0,0000
NO3	0,0000	0,0000
B	0,0000	0,0000
I	0,0000	0,0000
NO2	0,0000	0,0000
PO4	0,0000	0,0000
SO4 ges.	0,0000	0,0000

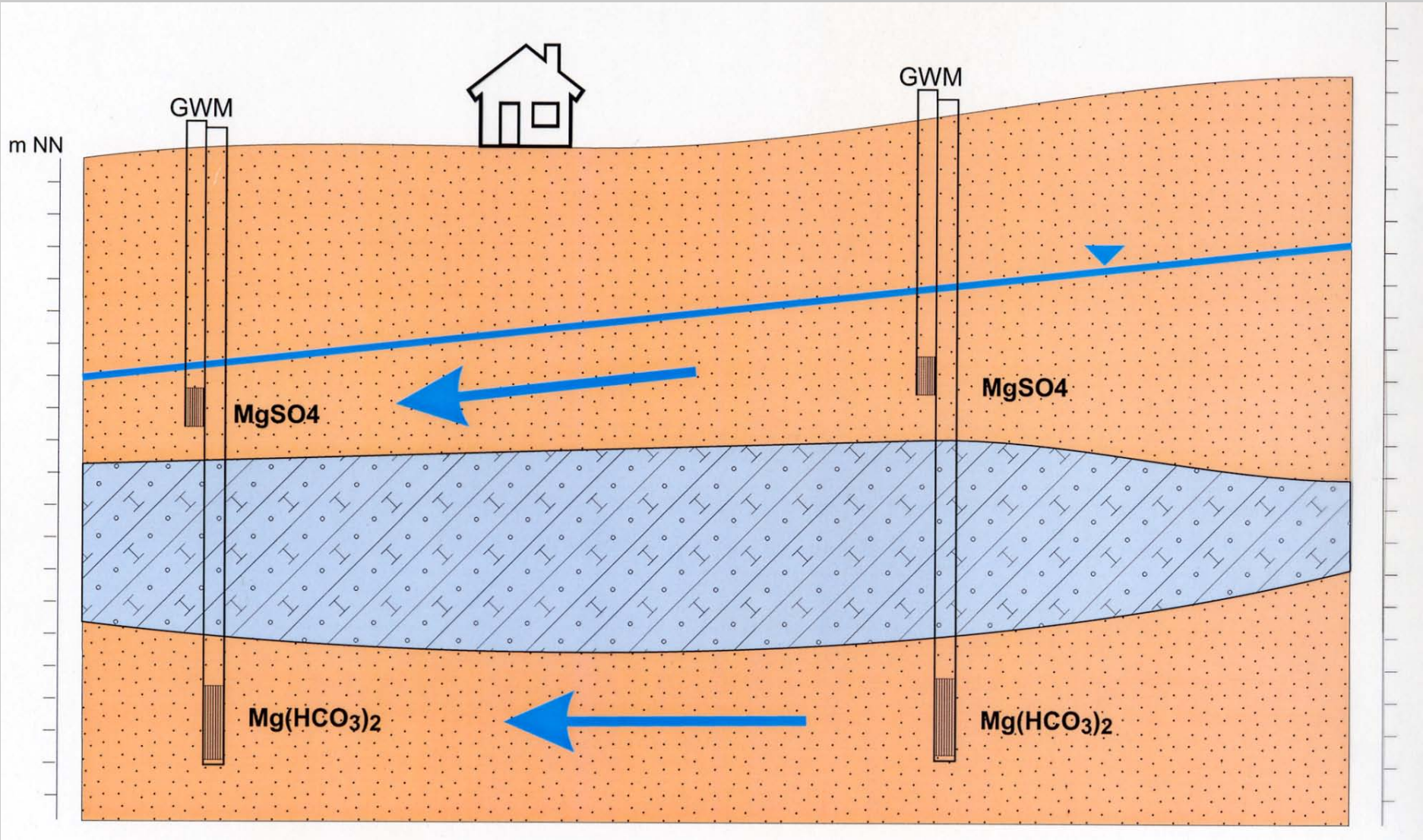
Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	149,00	7,4351
Mg	410,00	33,702
Na	3142,0	136,68
K	198,00	5,0688
NH4	0,0000	0,0000
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,0000	0,0000
Mn ges.	0,0000	0,0000
Fe gel.	0,0000	0,0000
Fe ges.	0,0000	0,0000
Al	0,0000	0,0000
Zn	0,0000	0,0000

Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	1,130	CaSO4	2,936	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	0,000	MgSO4	6,129	MgCl2	12,30	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	0,000	Na2SO4	0,000	NaCl	74,73	NaNO3	0,000	NaBr	0,000
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	2,772	KNO3	0,000	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,000	NH4NO3	0,000	NH4Br	0,000
Karbonate	1,130	Sulfate	9,065	Chloride	89,81	Nitrate	0,000	Bromide	0,000

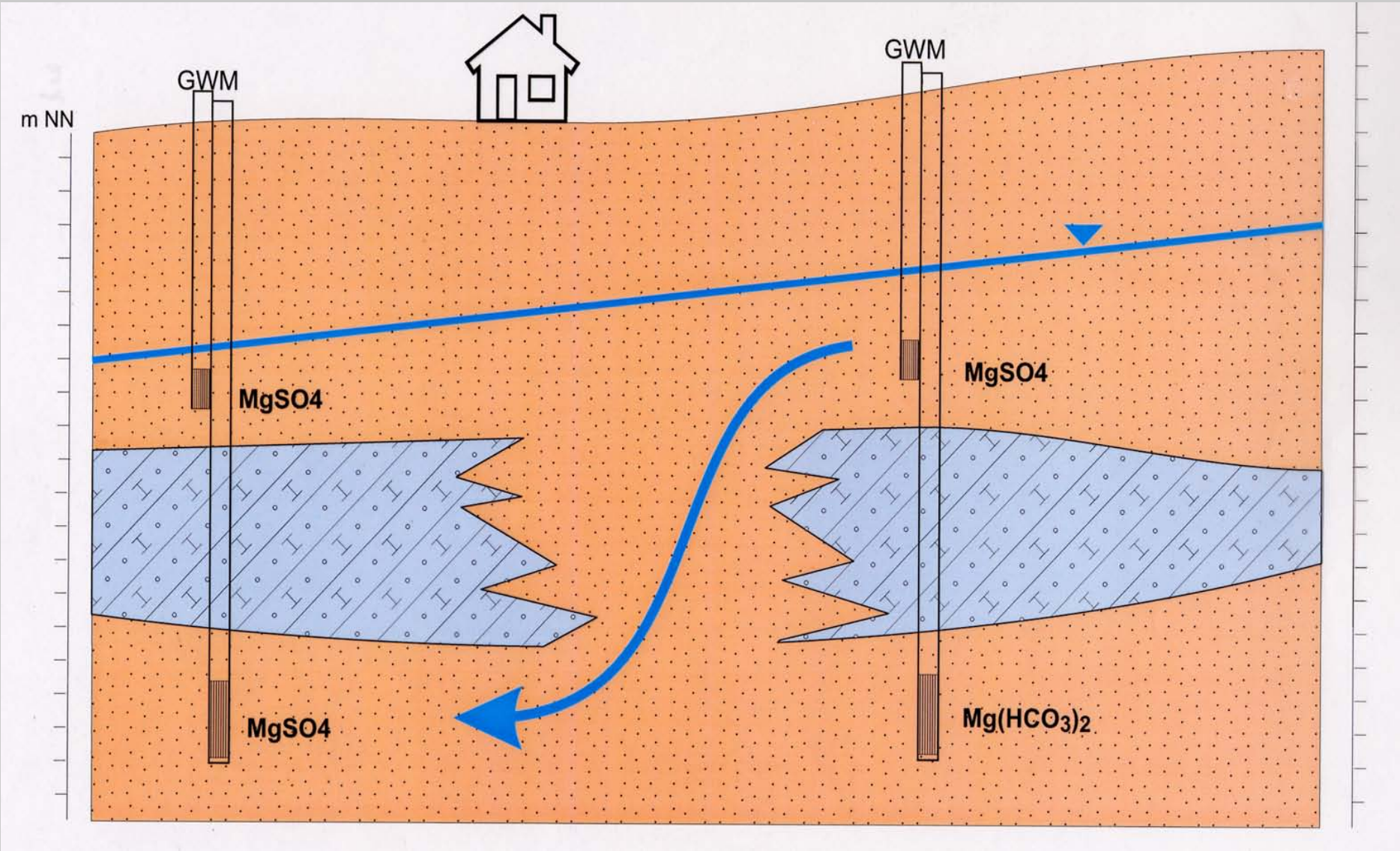
LAND
BRANDENBURG

Möglichkeiten der genetischen Identifizierung



LAND BRANDENBURG

Möglichkeiten der genetischen Identifizierung



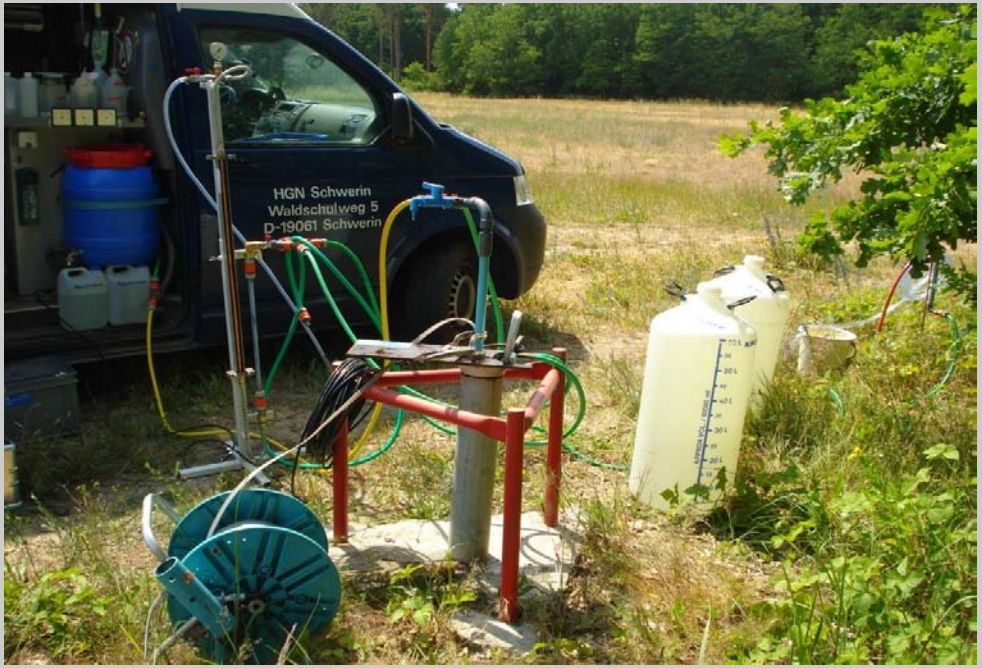
LAND BRANDENBURG

Genesemodell / Mindestumfang Anorganik:

- Kationen: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}

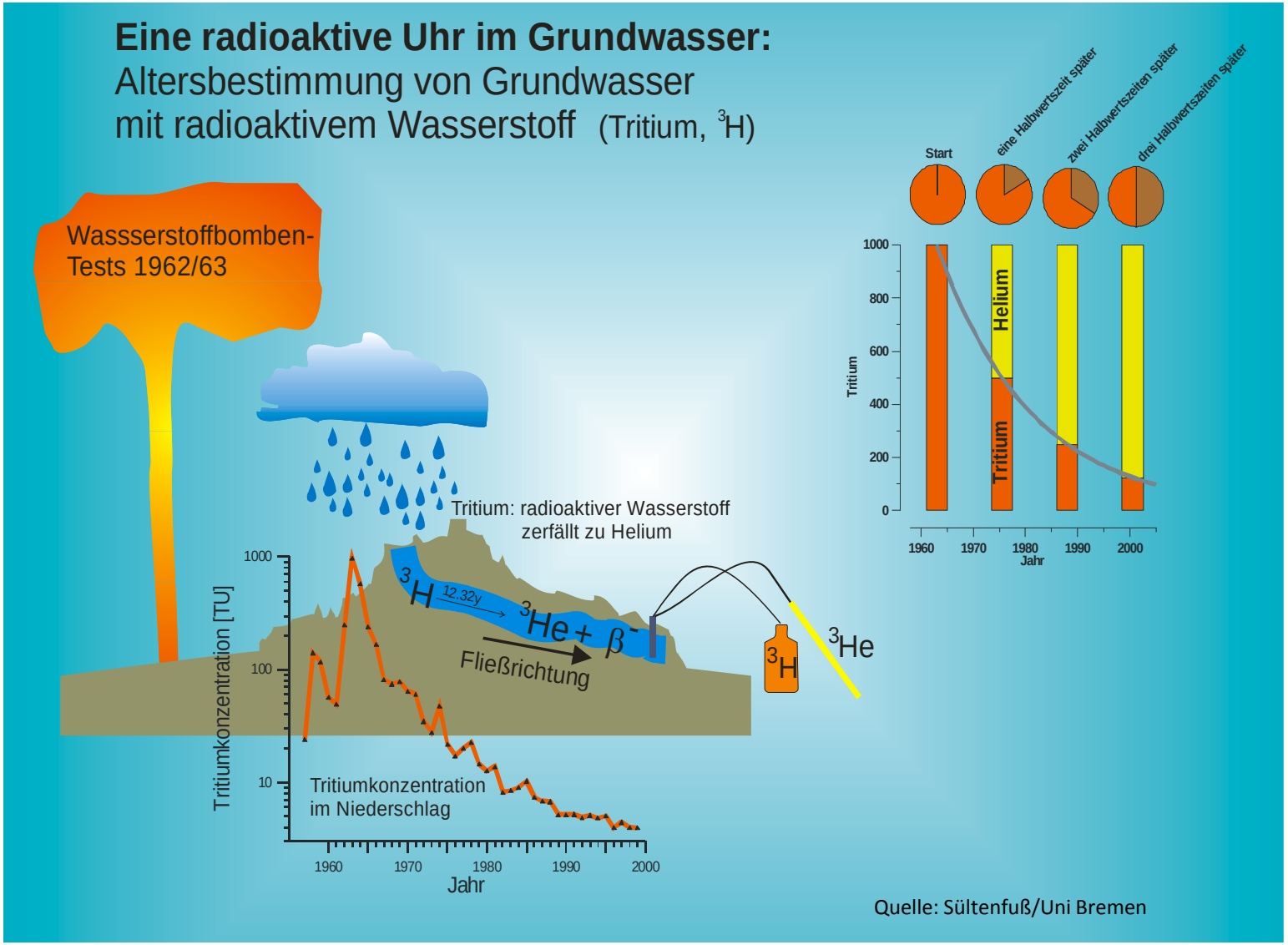
- Anionen: HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, NO_3^{-}, NO_2^{-}

Sehr hohe Genauigkeitsanforderungen an die Abweichung der Ionenbilanz → generell ≤ 1 % (deutlich höher als DVWK-Regelwerk)

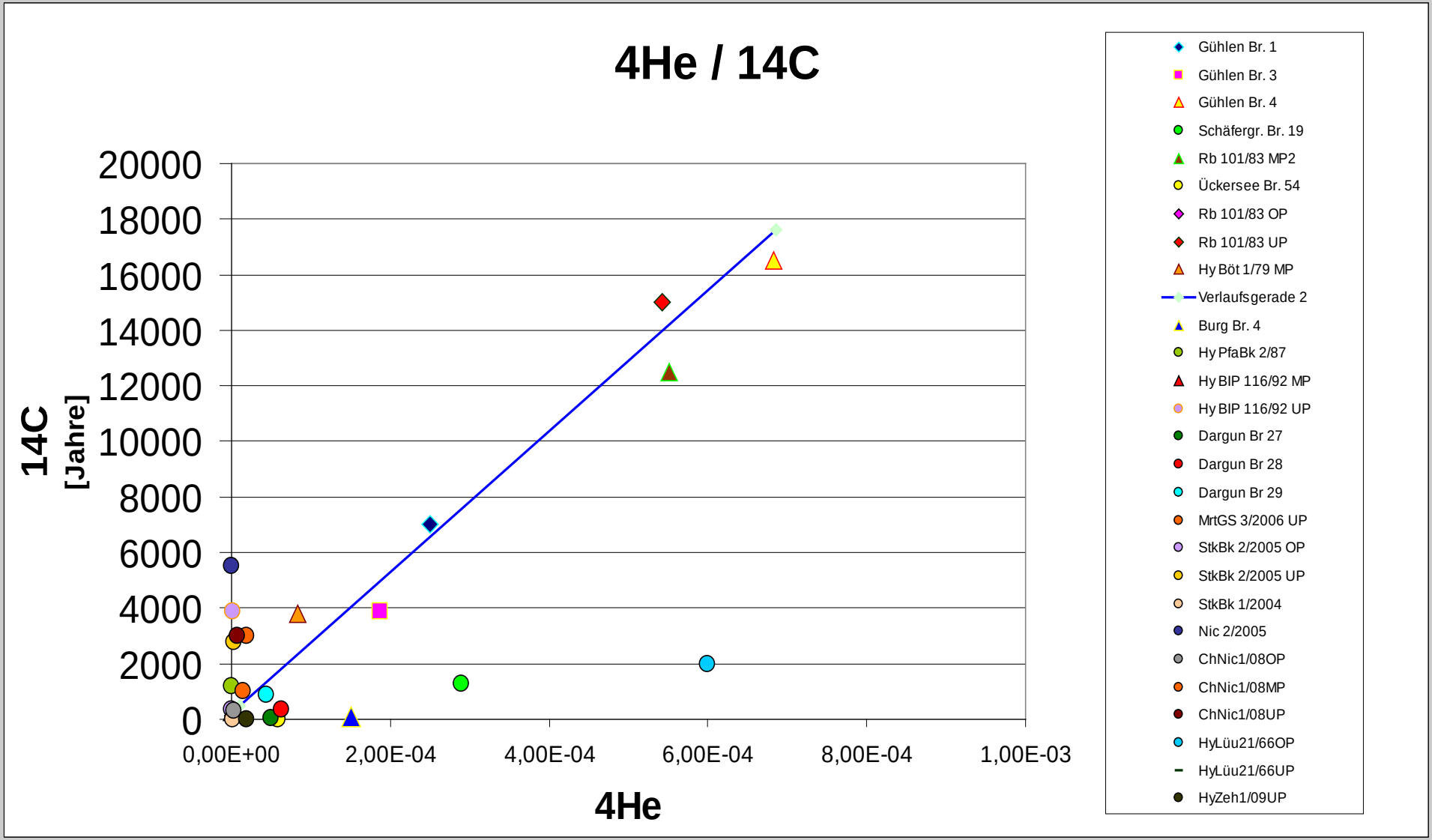


- ^{14}C – 2 Fässer a 60 l
- ^{13}C – 1 l auf pH 12 (PE-Flasche)
- Tritium 1 l PE-Flasche
- ^{18}O / D 20 ml PE Flasche,
- $^{3}He/^{4}He$ – 2 Kupferröhren unter Druck

Tritium und Helium-3

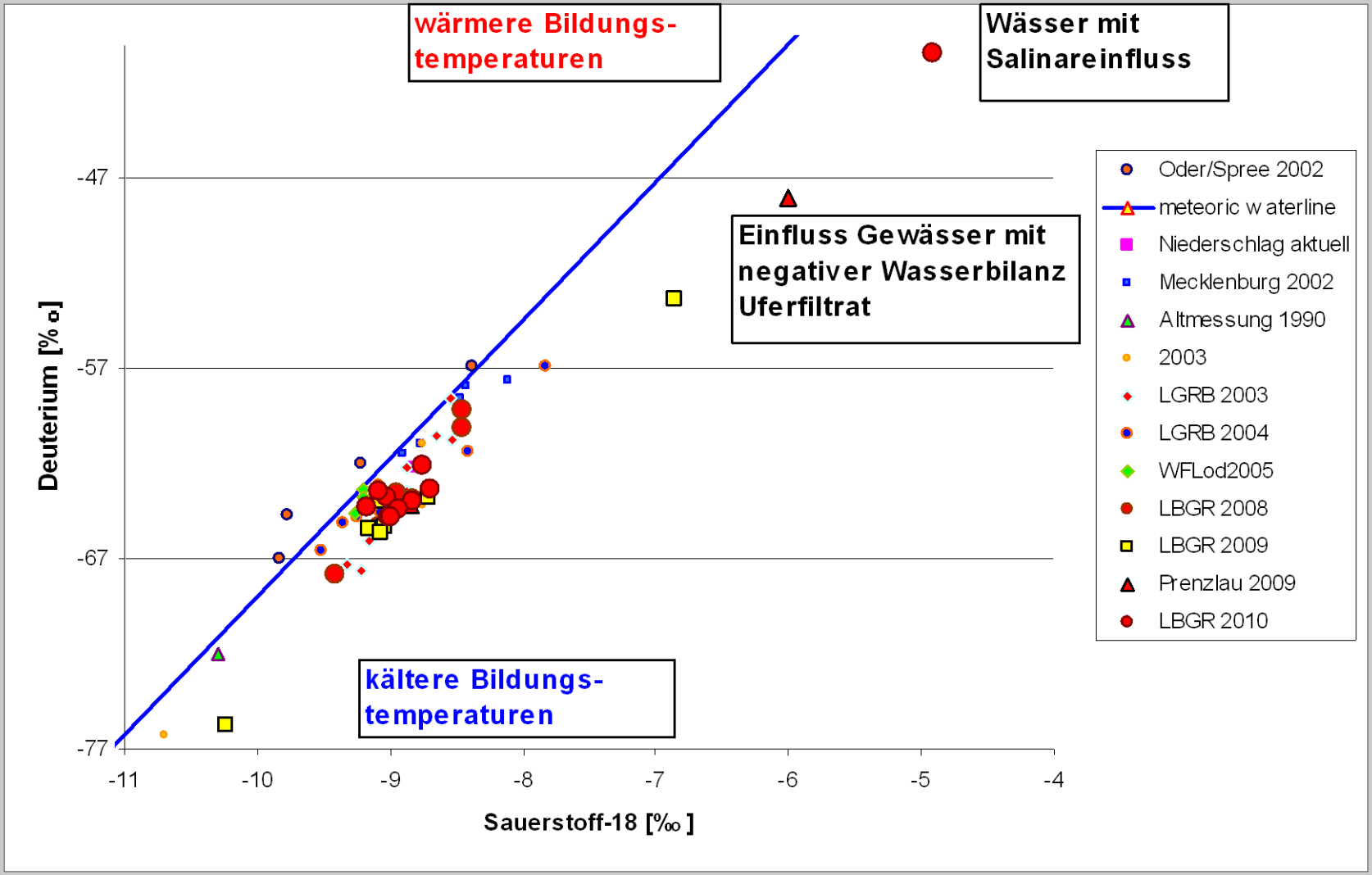


Analogien – Kohlenstoff-14 und Helium-4



LAND BRANDENBURG

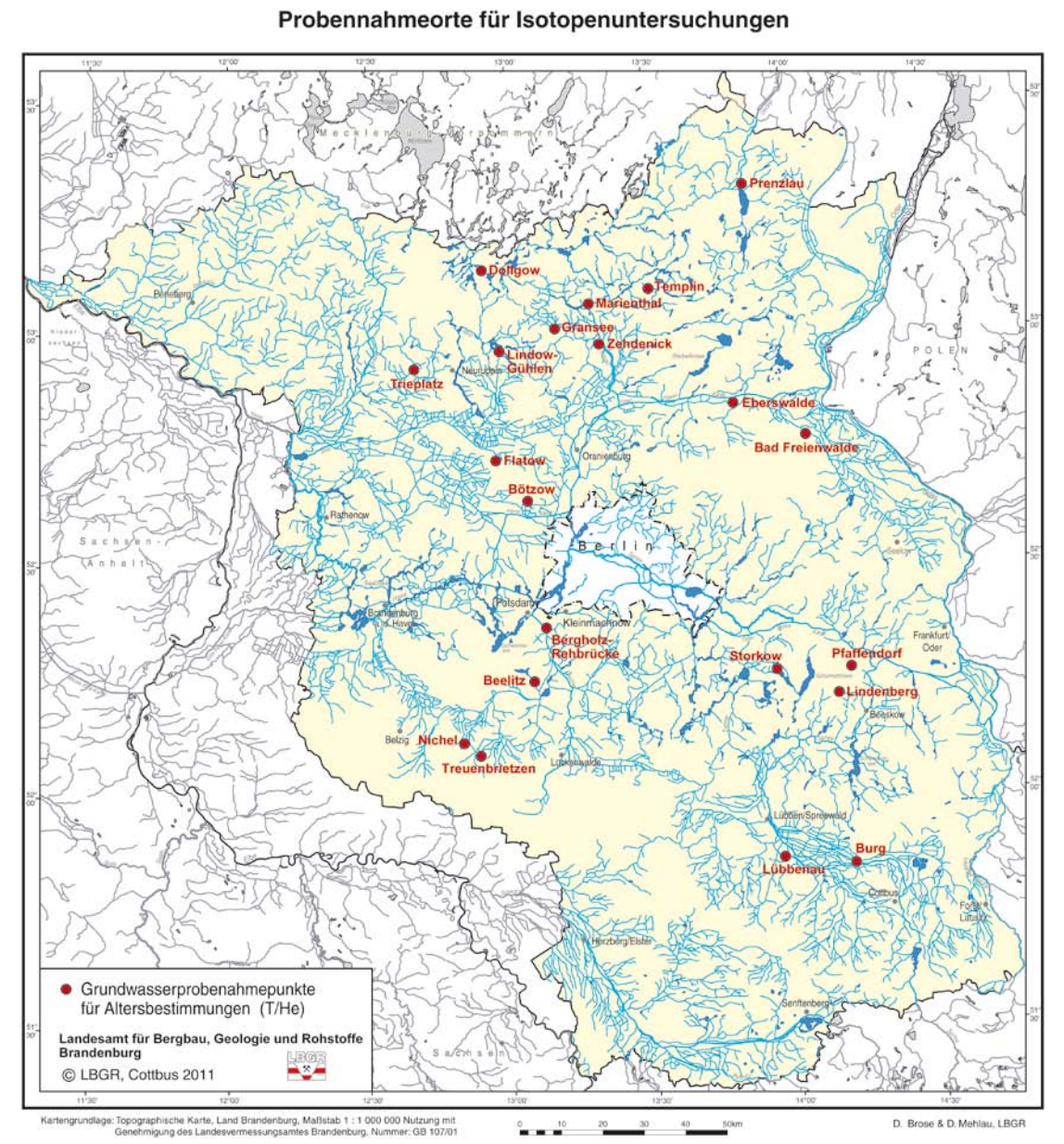
Bildungstemperaturen und stabile Isotope – Eichung sehr alter Wässer

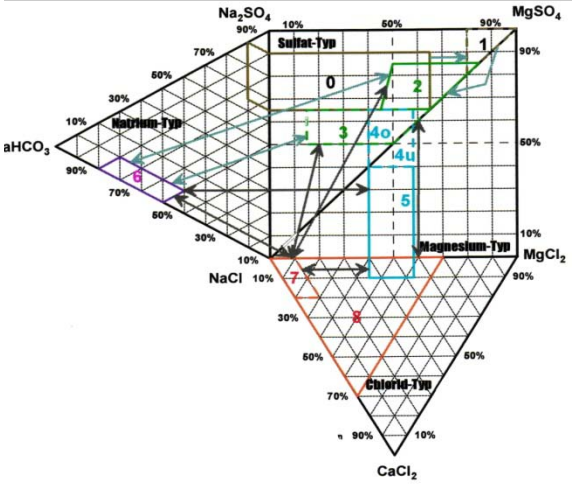


LAND BRANDENBURG

Lösungsansatz :

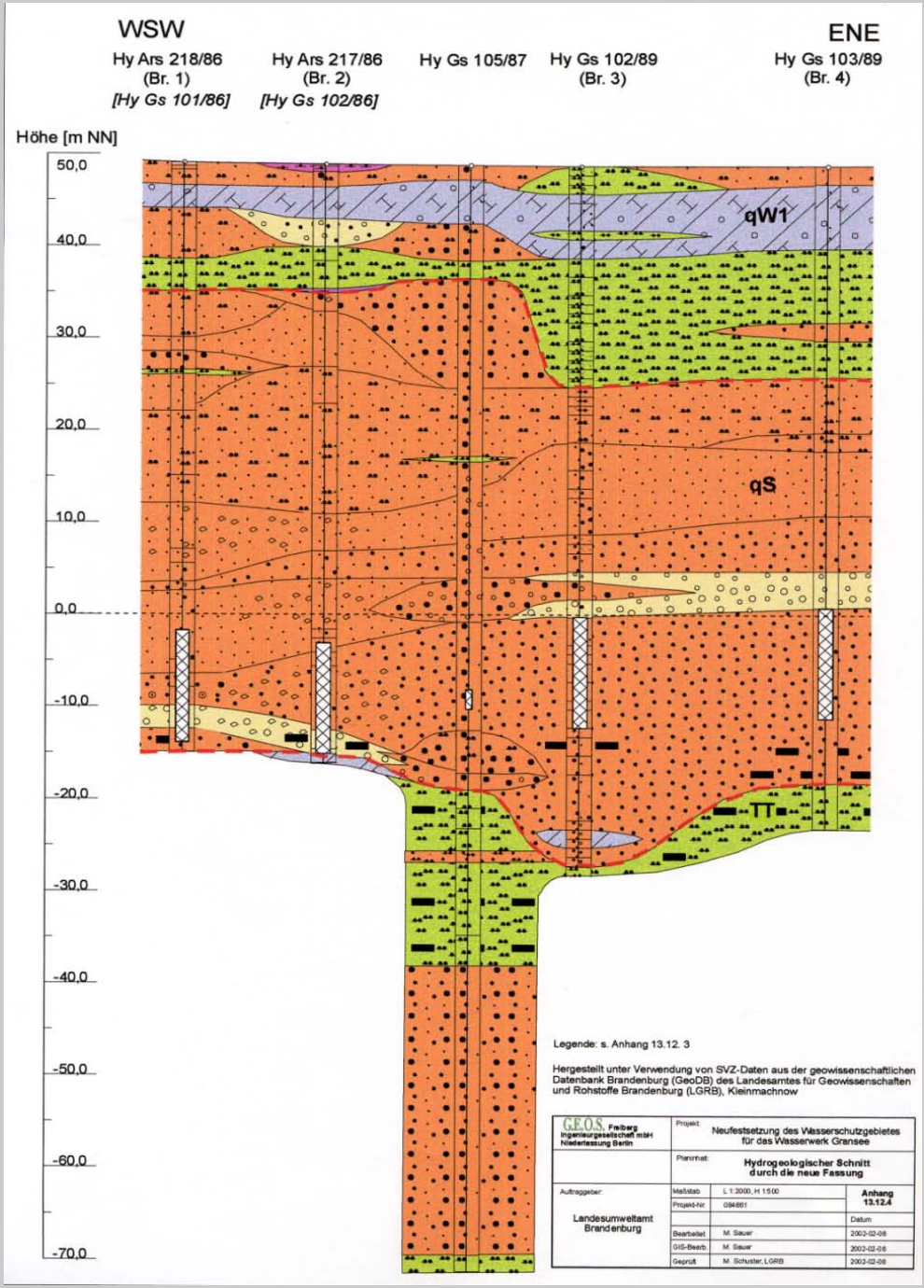
Kombination von Altersbestimmungen (Isotope) und Genesemodell (Anorganik)





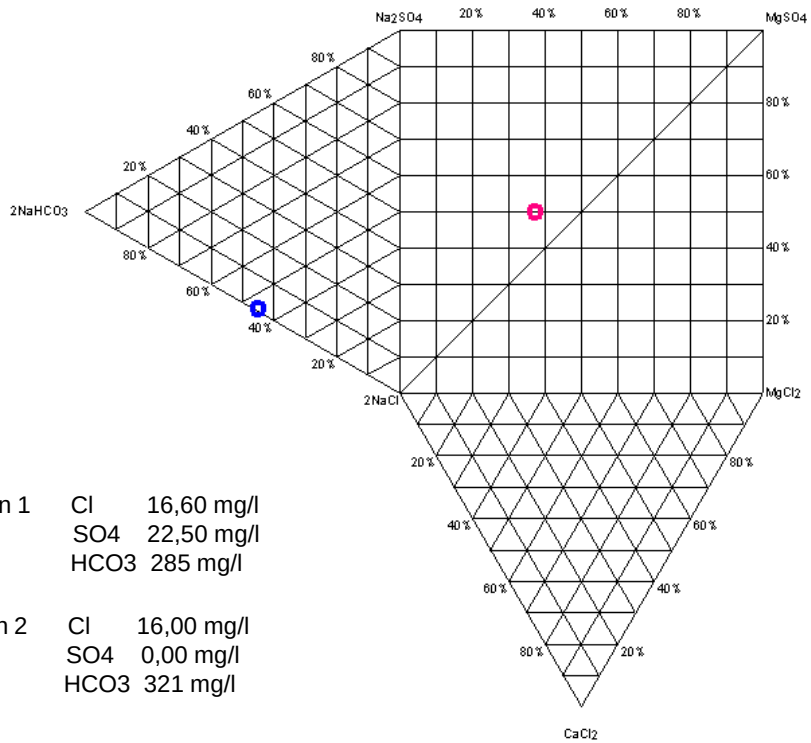
LAND
BRANDENBURG

Schnitt durch die Brunnenfassung des WW Gransee



LAND BRANDENBURG

Auswertung nach dem Genesemodell



Brunnen 1 Cl 16,60 mg/l
SO4 22,50 mg/l
HCO3 285 mg/l

Brunnen 2 Cl 16,00 mg/l
SO4 0,00 mg/l
HCO3 321 mg/l

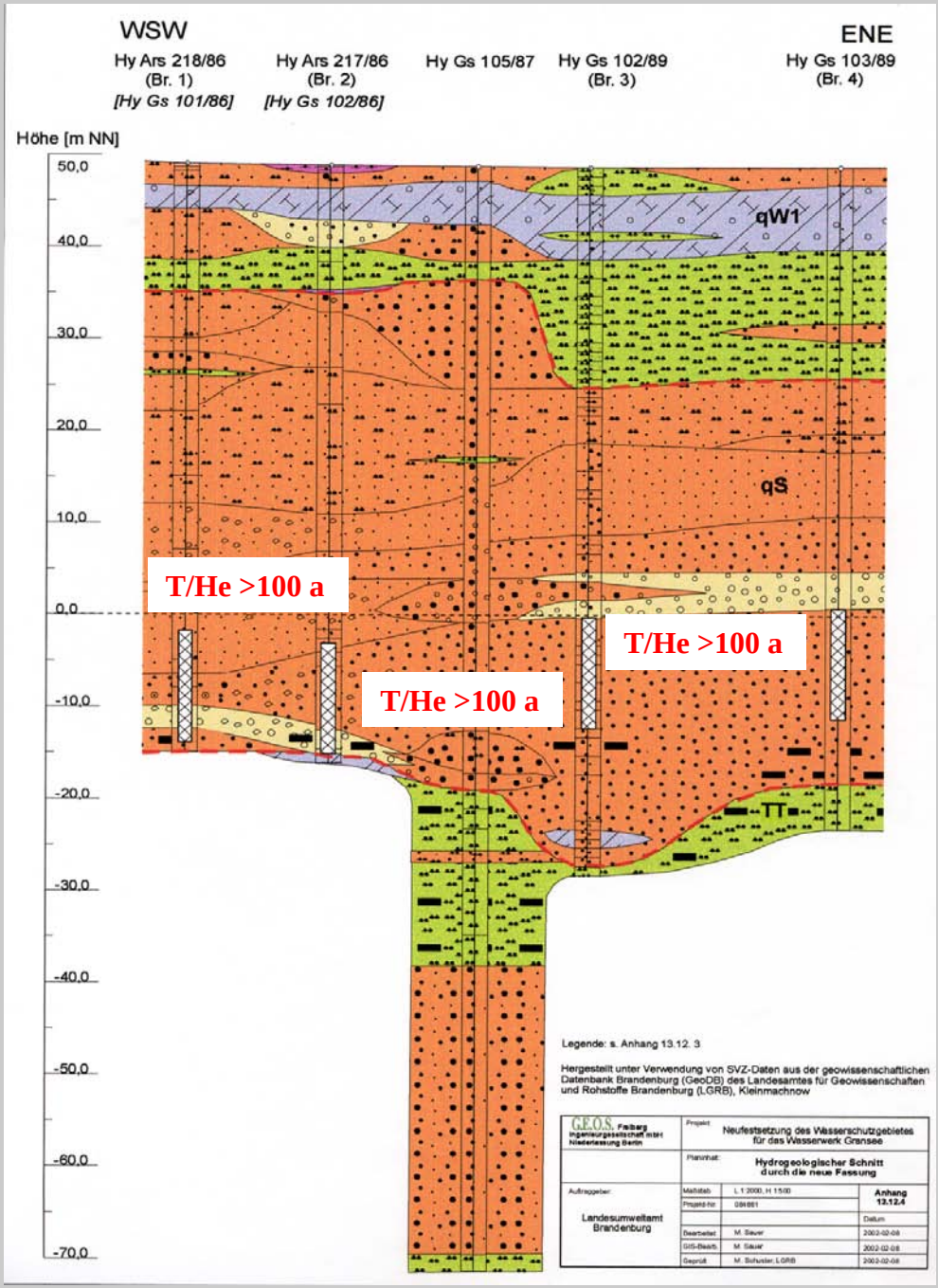
Legende

WW Gransee Brunnen 1 15.12.2003 LP: d=50,0 e=37,2

WW Gransee Brunnen 2 15.12.2003 LP: a=45,1 b=0,6

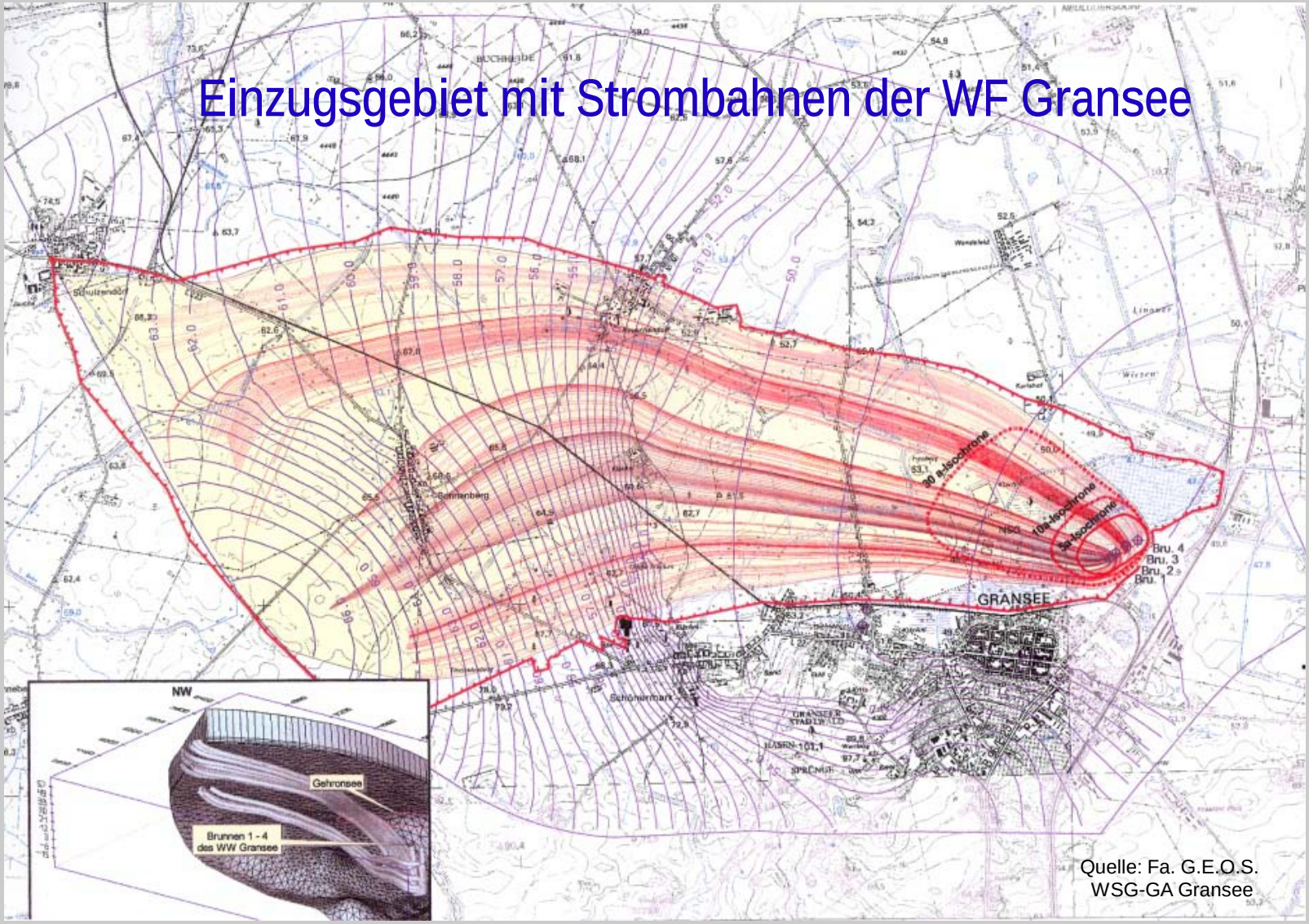
LAND
BRANDENBURG

Schnitt durch die Brunnenfassung des WW Gransee



LAND
BRANDENBURG

Einzugsgebiet mit Strombahnen der WF Gransee



Quelle: Fa. G.E.O.S.
WSG-GA Gransee

LAND BRANDENBURG

Auszug aus dem Programm GEBAH des LBGR

Genetische-Grund-Verhältnis (GGV)
KCl (%) : NaCl (%)

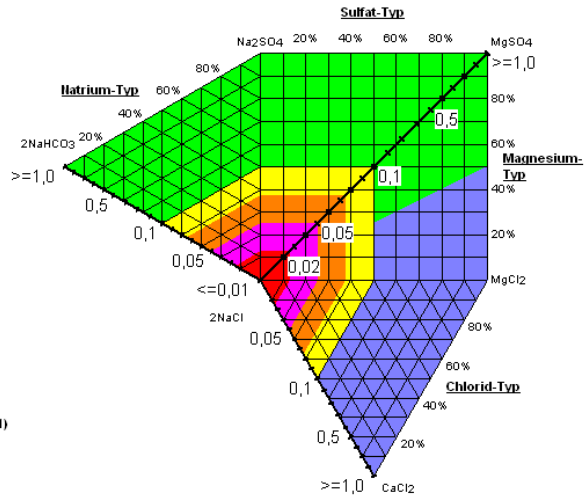
Informationsblatt

Diagrammflächen

Bereiche salinarer Wässer mit prägenden Anteilen des Halit-Salinars aus geogener und/oder anthropogener Ursache nach dem Lagepunkt (LP) und dem Genetischen-Grund-Verhältnis (GGV)

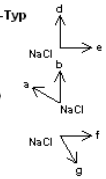
Bereich salinarer Wässer ohne prägende Anteile des Halit-Salinars

Nichtsalinare Wässer mit geogener und / oder anthropogener Prägung



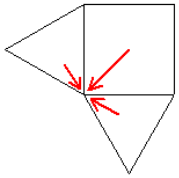
LP-Koordinaten [✪] nach VALJAŠKO (1961)

Magnesium-Typ
Sulfat-Typ
Natrium-Typ
Chlorid-Typ



(Klassifikation LP wie GGV)

Richtung der Zunahme des Eintrags von salinaren Wässern mit Halit-Dominanz



Maßgebend ist die Entwicklung des Genetischen-Grund-Verhältnisses

GGV-Klassifikation [✖] nach RECHLIN (2008)

GGV = ∑ K-Salze / (NaCl+NaBr+NH4Cl (+FeCl2))

>=0,1	diffus (ohne prägende Anteile des Halit-Salinars)
<0,1 >=0,075	diffus migrierend und/oder Kaliumsorption
<0,075 >=0,05	migrierend
<0,05 >=0,025	intrusiv migrierend
<0,025	intrusiv

Literatur

RECHLIN, B. (1997): Zur Anwendung des Hydrogeochemischen Genesemodells der Wässer in den GWLK des Landes Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 4, 1, S. 67-71, Kleinmachnow

RECHLIN, B. (2008): Eine Methode zur konzentrationsunabhängigen Früherkennung von Salzwasserintrusionen in süßwasserführende Grundwasserleiter und Oberflächengewässer. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 15, 1/2, S. 57-68, Kleinmachnow

KABOTH, U., RECHLIN, B. & GINZEL, G. (2008): Besteht für unsere Seen eine geogene Versalzungsgefahr? Hydrochemisch-genetische Untersuchungen von Speisungsbedingungen an Seen im Naturpark Stechlin. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 15, 1/2, S. 69-79, Kleinmachnow

(Hinweis: Bitte wählen Sie im Menü '?' den Menübefehl 'Literatur', wenn Sie diese Veröffentlichungen bei der Arbeit mit GEBAH lesen möchten)

LAND BRANDENBURG

Ausgewählte Genetische Grundverhältnisse in den Weltmeeren (GGV)

Herkunft	Orientierung	Datum	Cl-Wert [mg/l]	GGV
Atlantik Norwegen Fjorde	N	18.06.2005	18.500	0,026
Atlantik Fuerteventura	↓	02.04.2005	21.400	0,025
Atlantik Brasilien	S	03.01.2004	22.200	0,027
Ostsee Zinnowitz	E	16.10.2003	3.700	0,028
Ostsee Wustrow	↓	16.04.2004	6.398	0,026
Nordsee Büsum	W	23.07.2002	14.200	0,024
Mittelmeer Zypern	E ↓	17.10.2002	22.928	0,026
Mittelmeer Mallorca	W	18.10.2002	22.006	0,026
Pazifik Kanada	N	22.09.2003	13.300	0,026
Pazifik Ecuador	↓	20.07.2003	19.900	0,027
Pazifik Chile Fjorde	S	16.03.2005	11.800	0,026
Indischer Ozean Mauritius		01.03.2004	20.300	0,027
Rotes Meer Ägypten		06.03.2006	24.200	0,027
Südchinesisches Meer Vietnam		01.04.2006	19.000	0,025
Karibik Miami		18.10.2003	17.800	0,024

Quelle: Rechlin 06/2007

LAND BRANDENBURG

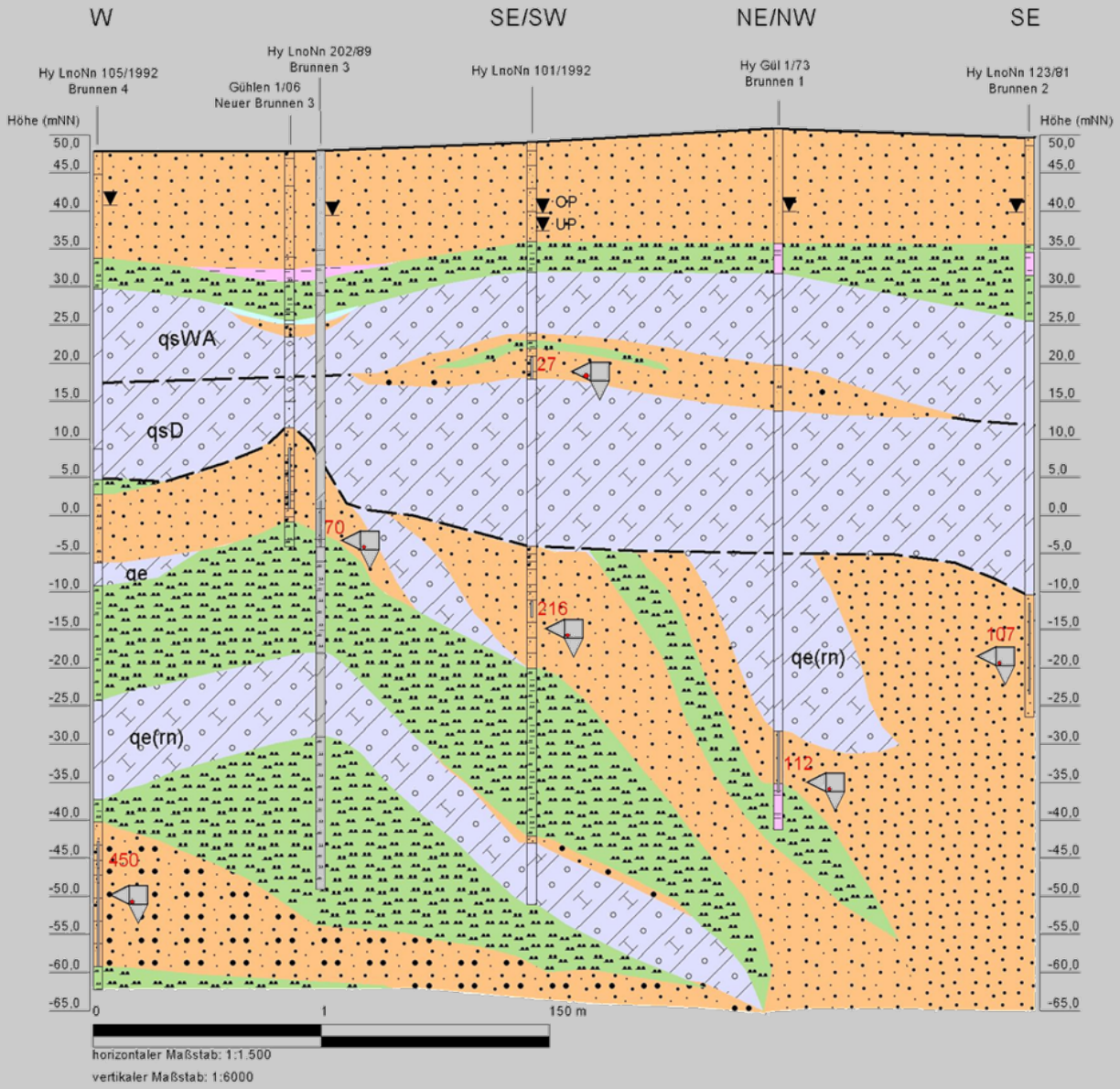
Ausgewählte Genetische Grundverhältnisse von Wasserwerksbrunnen in Brandenburg

Herkunft	GW-Förderung	Datum	Cl-Wert [mg/l]	GGV
WW Gühlen Br. 6	DEMPV-Beginn	30.10.2006	9,9	0,29
„	DEMPV-Mitte	01.11.2006	20,7	0,1
„	DEMPV-Ende	03.11.2006	25,8	0,07
	Grundlast	08.05.2007	65	0,04
WW Gühlen Br. 3	Grundlast	14.03.2006	41,5	0,05
WW Gühlen Br. 1	Spitzenlast	18.09.2006	112	0,02
WW Gühlen Br. 2	Spitzenlast	18.09.2006	107	0,02
WW Gühlen Br. 4	ohne	18.09.2006	441	0,01
WW Potsdam II „Leipziger Straße“ Br. Dauerwald 4	ohne	26.03.1984	819,9	< 0,01
	"	28.03.1984	58,4	0,04
	"	23.04.1984	719,6	< 0,01
(Förderung von benachbarten Brunnen)	"	24.05.1984	737,4	< 0,01
	"	17.09.1984	19,9	0,08
	"	21.11.1984	754,9	< 0,01
	"	19.12.1984	29,8	0,07

Quelle: Rechlin 06/2007

LAND BRANDENBURG

Schnitt durch die Brunnenfassung eines WW bei Neuruppin (LK OPR)



LAND BRANDENBURG

Auswertung nach dem Genesemodell
WW Gühlen Brunnen 1 2003-12-15

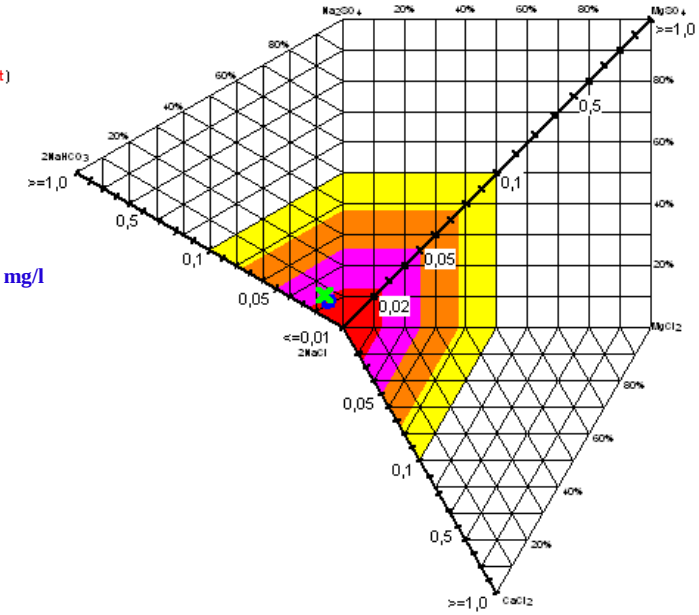
Beschreibung:
Probenahmedatum: 15.12.2003 Labor: Landeslabor Brandenburg
(PR_IDENT=100073002)
Vorortparameter: pH: 7,6; Lf: 787 [µS/cm]; T: nb °C
Organische Parameter: DOC: [mg/l]; CSV: n.b. [mg/l]; UV254: 8,4 [1/m]

Legende
Lagepunkt Analyse: (a=5,7 b=5,7)
Lagepunkt GGV: (0,028)
Bewertung ges. Analyse: gut
Bewertungen (Farbe): (gut, mäßig, schlecht)

Bilanz
Mineralisation: 574,126 mg/l
Ionenbilanz: 0,0330 mmol/l (eq) 0,4109%
(DVWK 128/1992)

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	290,00	4,7560
SO4	9,5000	0,1976
Cl	108,30	3,0541
Br	0,0000	0,0000
NO3	<0,100	0,0008
B	0,0000	0,0000
I	0,0000	0,0000
NO2	<0,050	0,0005
PO4	<0,200	0,0032
SO4 ges.	9,3000	0,1934

Cl 108,30 mg/l



Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	74,400	3,7126
Mg	10,300	0,8467
Na	75,900	3,3017
K	3,2000	0,0819
NH4	1,2400	0,0687
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,1510	0,0055
Mn ges.	0,1630	0,0059
Fe gel.	0,7690	0,0275
Fe ges.	2,2070	0,0790
Al	<0,010	0,0006
Zn	<0,006	0,0001

Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	46,36	CaSO4	0,000	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	10,57	MgSO4	0,000	MgCl2	0,000	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	2,467	Na2SO4	2,467	NaCl	36,30	NaNO3	0,000	NaBr	0,000
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	1,023	KNO3	0,000	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,810	NH4NO3	0,013	NH4Br	0,000
Karbonate	59,39	Sulfate	2,467	Chloride	38,13	Nitrate	0,013	Bromide	0,000

LAND BRANDENBURG

Auswertung nach dem Genesemodell
WW Gühlen Brunnen 3 2003-12-15

Beschreibung:
Probenahmedatum: 15.12.2003 Labor: Landeslabor Brandenburg
(PR_IDENT=100073004)
Vorortparameter: pH: 7,7; Lf: 662 [µS/cm]; T: nb °C
Organische Parameter: DOC: [mg/l]; CSV: n.b. [mg/l]; UV254: 9 [1/m]

Legende

Lagepunkt Analyse:	(a=8,0 b=2,8)
Lagepunkt GGV:	(0,036)
Bewertung ges. Analyse:	schlecht
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)

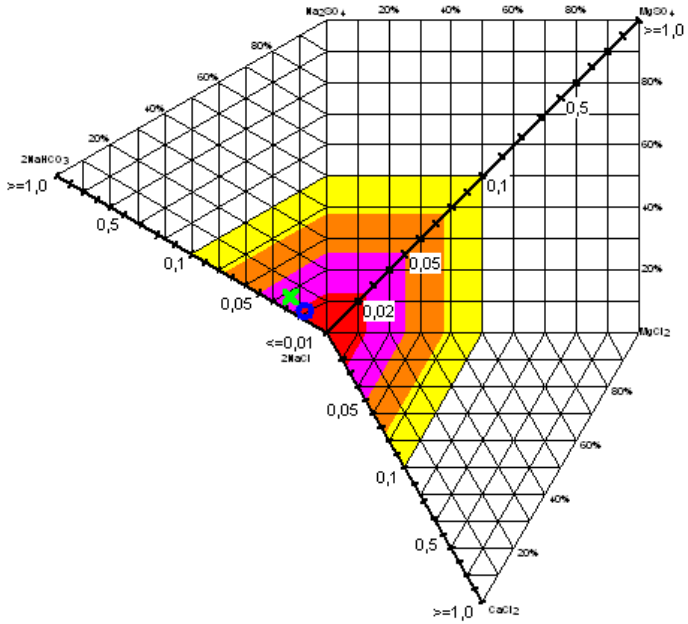
Bilanz

Mineralisation:	498,795 mg/l
Ionenbilanz:	0,0814 mmol/l (eq) 1,1912%
(DVWK 128/1992)	

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	280,00	4,5920
SO4	3,2000	0,0666
Cl	75,600	2,1319
Br	0,0000	0,0000
NO3	<0,100	0,0008
B	0,0000	0,0000
I	0,0000	0,0000
NO2	<0,050	0,0005
PO4	<0,200	0,0032
SO4 ges.	3,3000	0,0686

Cl 75,6 mg/l

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	71,700	3,5778
Mg	10,000	0,8220
Na	53,300	2,3186
K	2,9000	0,0742
NH4	1,0800	0,0598
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,1410	0,0051
Mn ges.	0,1590	0,0058
Fe gel.	0,5080	0,0182
Fe ges.	2,6210	0,0938
Al	<0,010	0,0006
Zn	<0,006	0,0001



Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	52,68	CaSO4	0,000	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	12,10	MgSO4	0,000	MgCl2	0,000	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	2,830	Na2SO4	0,980	NaCl	30,33	NaNO3	0,000	NaBr	0,000
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	1,062	KNO3	0,016	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,000	NH4NO3	0,000	NH4Br	0,000
Karbonate	67,61	Sulfate	0,980	Chloride	31,39	Nitrate	0,016	Bromide	0,000

LAND BRANDENBURG

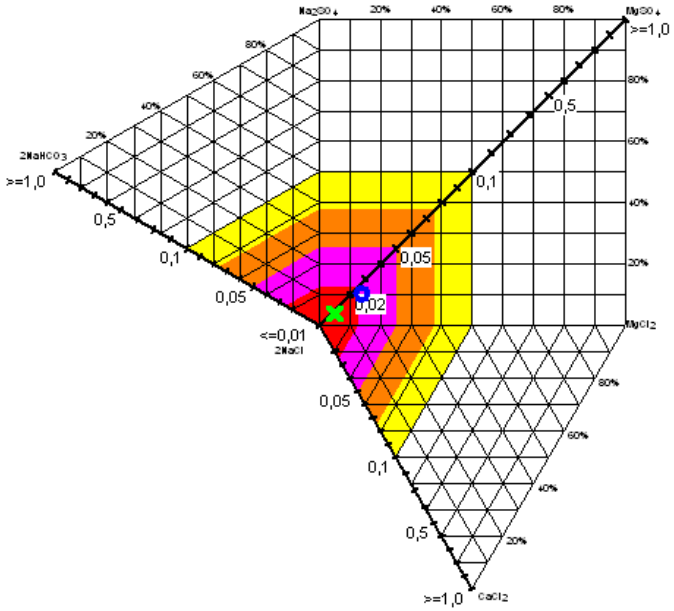
Auswertung nach dem Genesemodell
WW Gühlen Brunnen 4 2003-12-15

Beschreibung:
Probenahmedatum: 15.12.2003 Labor: Landeslabor Brandenburg
(PR_IDENT=100073005)
Vorortparameter: pH: 7,7; Lf: 1839 [µS/cm]; T: nb °C
Organische Parameter: DOC: [mg/l]; CSV: n.b. [mg/l]; UV254: 11 [1/m]

Legende

Lagepunkt Analyse:	(d=10,1 e=14,0)
Lagepunkt GGV:	(0,015)
Bewertung ges. Analyse:	schlecht
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)

Bilanz
Mineralisation: 1181,998 mg/l
Ionenbilanz: 0,2312 mmol/l (eq) 1,2563%
(DVWK 128/1992)



Cl 446,2 mg/l

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	318,00	5,2152
SO4	23,200	0,4826
Cl	446,20	12,583
Br	0,0000	0,0000
NO3	<0,100	0,0008
B	0,0000	0,0000
I	0,0000	0,0000
NO2	<0,050	0,0005
PO4	<0,200	0,0032
SO4 ges.	18,000	0,3744

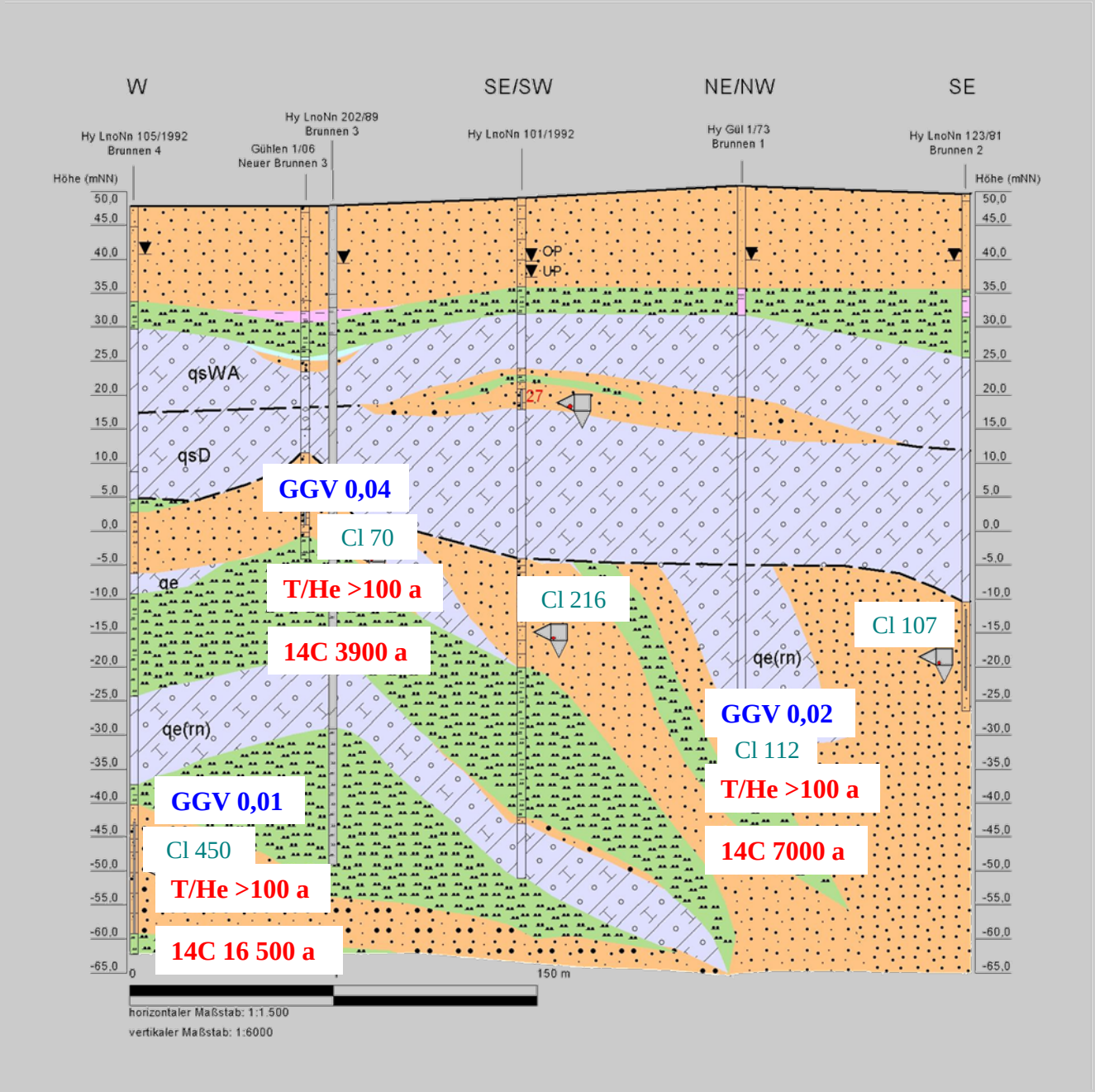
Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	86,100	4,2964
Mg	23,500	1,9317
Na	273,50	11,897
K	7,0000	0,1792
NH4	3,2200	0,1784
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,0910	0,0033
Mn ges.	0,1070	0,0039
Fe gel.	0,8210	0,0294
Fe ges.	2,8160	0,1008
Al	<0,010	0,0006
Zn	<0,006	0,0001

Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	23,50	CaSO4	0,000	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	5,026	MgSO4	2,640	MgCl2	2,901	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	0,000	Na2SO4	0,000	NaCl	65,08	NaNO3	0,000	NaBr	0,000
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	0,849	KNO3	0,006	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,000	NH4NO3	0,000	NH4Br	0,000
Karbonate	28,53	Sulfate	2,640	Chloride	68,83	Nitrate	0,006	Bromide	0,000

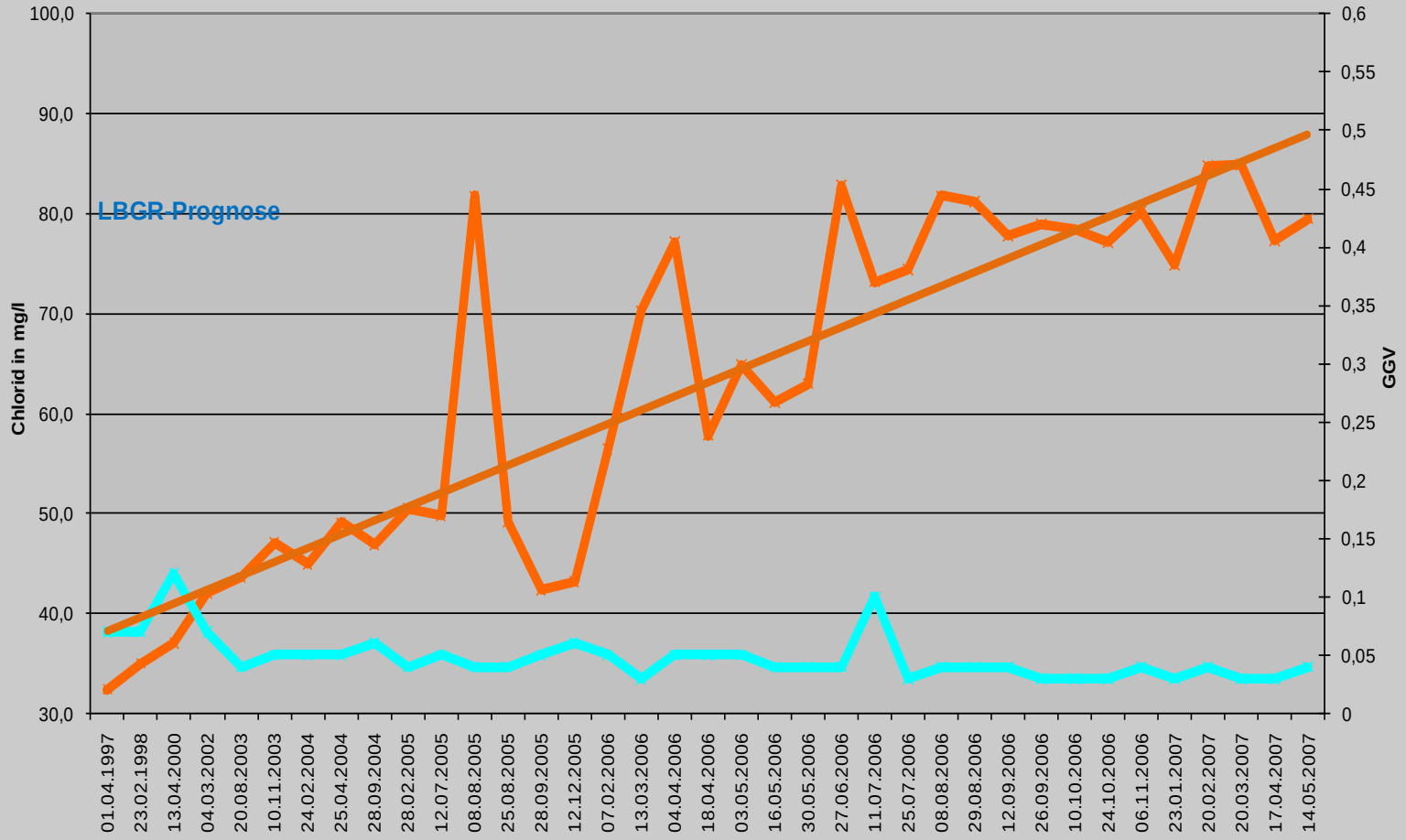
LAND BRANDENBURG

Schnitt durch die Brunnenfassung eines WW bei Neuruppin (LK OPR)



LAND BRANDENBURG

Chlorid- und GGV-Entwicklung im Wasserwerk XXX - Brunnen 2



LAND BRANDENBURG

Forderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie; Artikel 1 - Ziele

- Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustandes der aquatischen Ökosysteme...

- Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhanden Ressourcen. (Menge und Güte)

Prognosegedanke und dabei auftretendes Problem :

- Prognosen beim Monitoring Wasserwerke werden meist nur aus Gang- / Trendlinien abgeleitet oder Einzelwerte mit der TVO verglichen.

- Insbesondere geogene Einflüsse werden zu spät erkannt und bringen Wasserfassungen in Gefahr – Sulfatanstiege oder NaCl - Aufsalzung

LAND
BRANDENBURG

Anwendung der vorgestellten Untersuchungsmethoden in der Praxis:

prognostische Bewertung der hydrochemischen Entwicklung (geogen/anthropogen) von Grundwasservorräten:

- **hinsichtlich Nutzbarkeit**
- **bei vorhandener Bewirtschaftung**
- **prognostizierter Klimawandel**

Identifizierungsmöglichkeit von Speisungsanteilen salinarer Wässer und damit prognosefähig schon bei geringen Chloridgehalten → Handwerkszeug für ein qualifiziertes Beschaffenheitsmonitoring

LAND
BRANDENBURG