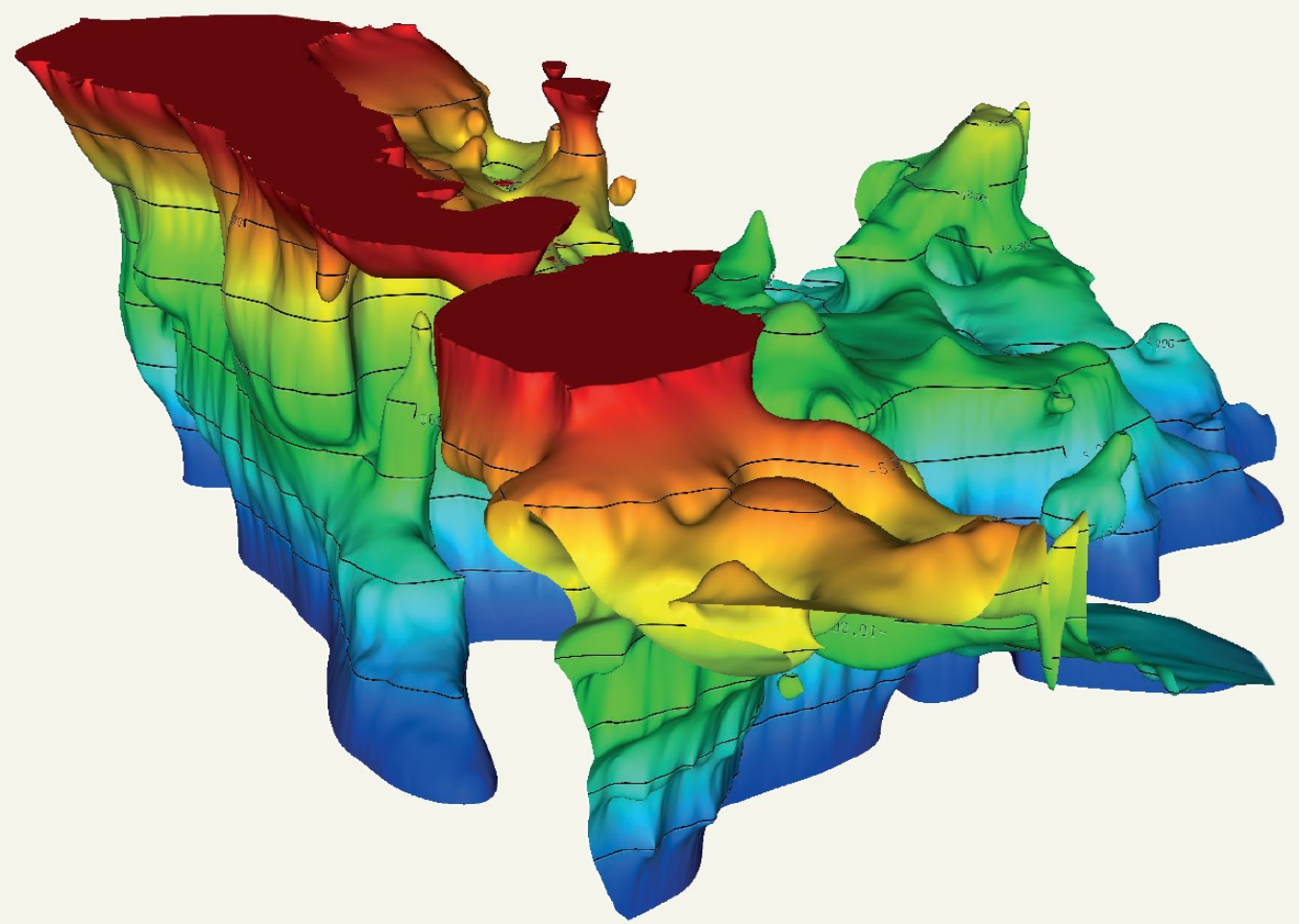
LAND BRANDENBURG

Salinare Wässer im Brandenburger Lockergestein - Identifikation und Herkunftsnachweis

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe



LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg
2. GEBAH
    - 2.1. Grundlagen
    - 2.2. Genesetypen und Genesediagramm
    - 2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion
    - 2.4. Modul Geneseklassen
3. Fallbeispiel

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

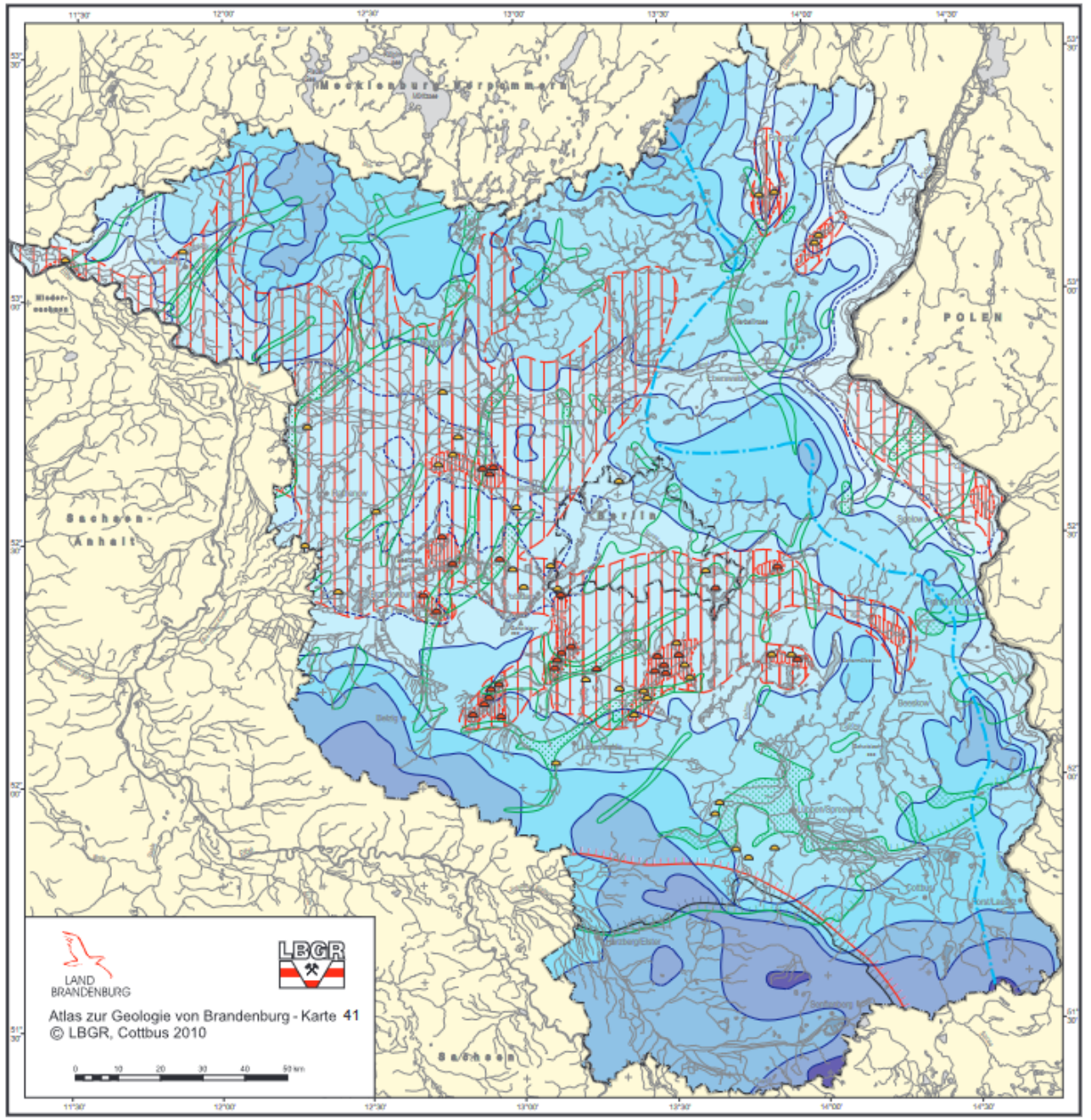
2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Grundwasserversalzung

1 : 1 000 000



Salzwasser

- an der Oberfläche hydrochemisch nachgewiesen
- an der Oberfläche botanisch nachgewiesen oder keine näheren Angaben
- flächenhaft oberhalb NN
- oberhalb des Rupels
- Südgrenze zusammenhängender Salzwasserverbreitung im präquartären Untergrund

relevante geologische Strukturen

- Südgrenze der Zechsteinverbreitung
- Südgrenze des tonigen Rupels
- Rupelton reduziert
- Rupelton ausgeräumt

Grundwasserstand (m NN) des quartären Hauptgrundwasserleiterkomplexes (GWLK2)

- 0 - 20 m
- 20 - 40 m
- 40 - 60 m
- 60 - 80 m
- 80 - 100 m
- 100 - 120 m
- > 120 m

- Hauptgrundwasserscheide Oder/Elbe

Kartengrundlage: Topographische Karte, Land Brandenburg, Maßstab 1 : 1 000 000 Nutzung mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Brandenburg, Nummer: GB 107/01

Schirrmeister, W.

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

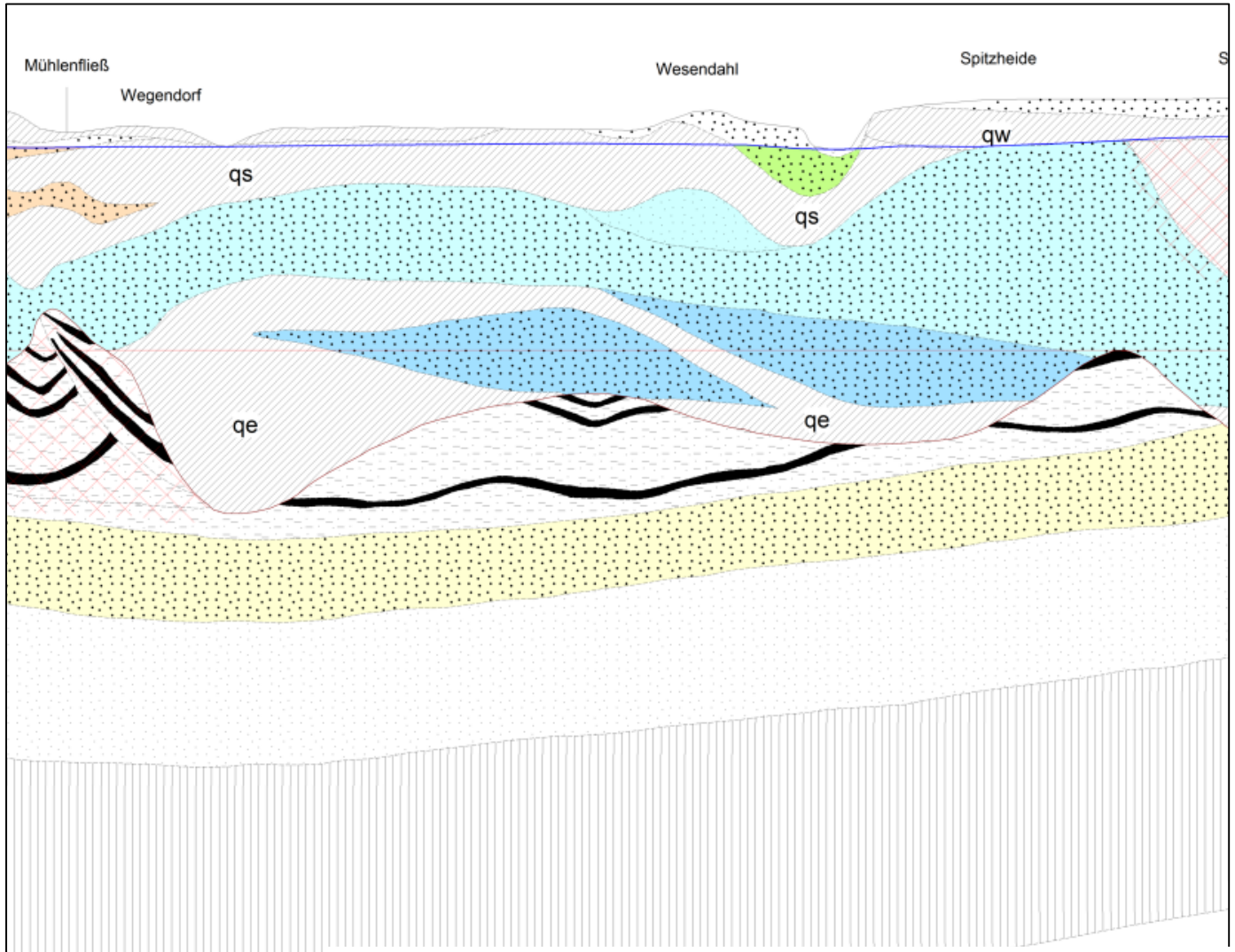
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Hydrogeologischer Ost-West Schnitt 5830 des Blattes L3548 Strausberg der HYK 50

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

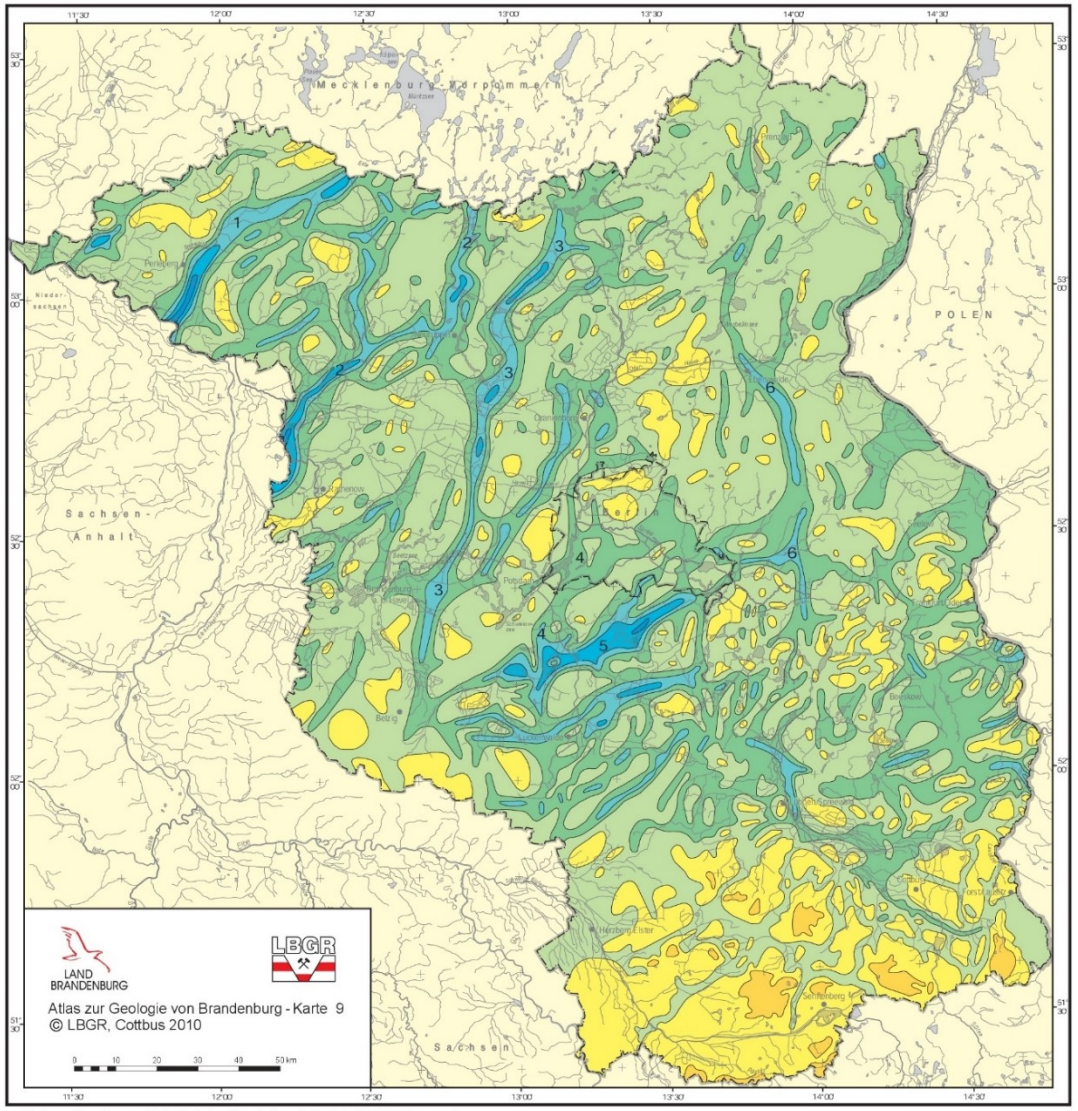
2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Tiefenlage der Quartärbasisfläche

1 : 1 000 000



Quartärbasisfläche

- höher + 100 m NN
- +100 bis ± 0 m NN
- ±0 bis -100 m NN
- -100 bis -200 m NN
- -200 bis -300 m NN
- -300 bis -500 m NN
- tiefer - 500 m NN

1 - 6 Markante Rinnensysteme (mit vorläufiger Bezeichnung)

1 "Prignitz-Rinne"
2 "Ruppin-Altmark-Rinne"
3 "Nauen-Havelländische Rinne"
4 "Beelitz-Dreilinden-Tegeler Rinne"
5 "Blankensee-Schmöckwitzer (Teltow-) Rinne"
6 "Eberswalde-Storkower Rinne"

Verwendete Unterlagen:

CEPEK et al. (1972-1990): Lithofazieskarten Quartär 1: 50 000
HÖNEMANN, G.; KÜSTERMANN, W.; MEYER, W.; AHRENS, H.; LOTSCH, D.; RUTHSATZ, H. & W. v.BÜLOW (1990): Reflexionsseismische Kartierung von Tieflagen der Pleistozänbasis im Nordteil der DDR. Kurzref. - Nachr. Dtsch. Geol. Ges. **43**, S. 45, Hannover
HÖNEMANN, G.; KÜSTERMANN, W. & W. MEYER (1995): Reflexionsseismische Kartierung von Tiefenlagen der Pleistozänbasis in Nordostdeutschland. - Z. geol. W. **23**, 3, S. 261-275, Berlin
KUPETZ, M.; SCHUBERT, G.; SEIFERT, A. & L. WOLF (1990): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitektonischer Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlengebiet. - Geoprofil **1**, S. 2-17, Freiberg
LOTSCH, D.; AHRENS, H.; BACHMANN, G. & H. JORTZIG (1982): Gesamteinschätzung Braunkohle DDR - Gebiet Berlin. - Unveröff. Ber., ZGI Berlin
RUTHSATZ, H. (1979-1983): Verbreitung, struktureller Bau und Tiefenlage der Quartärbasis im Nordteil der DDR. - Unveröff. Ber., ZGI Berlin
Archivunterlagen des LBGR

Kartengrundlage: Topographische Karte, Land Brandenburg, Maßstab 1 : 1 000 000 Nutzung mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Brandenburg, Nummer: GB 107/01

Sonntag, A. & L. Lippstreu

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

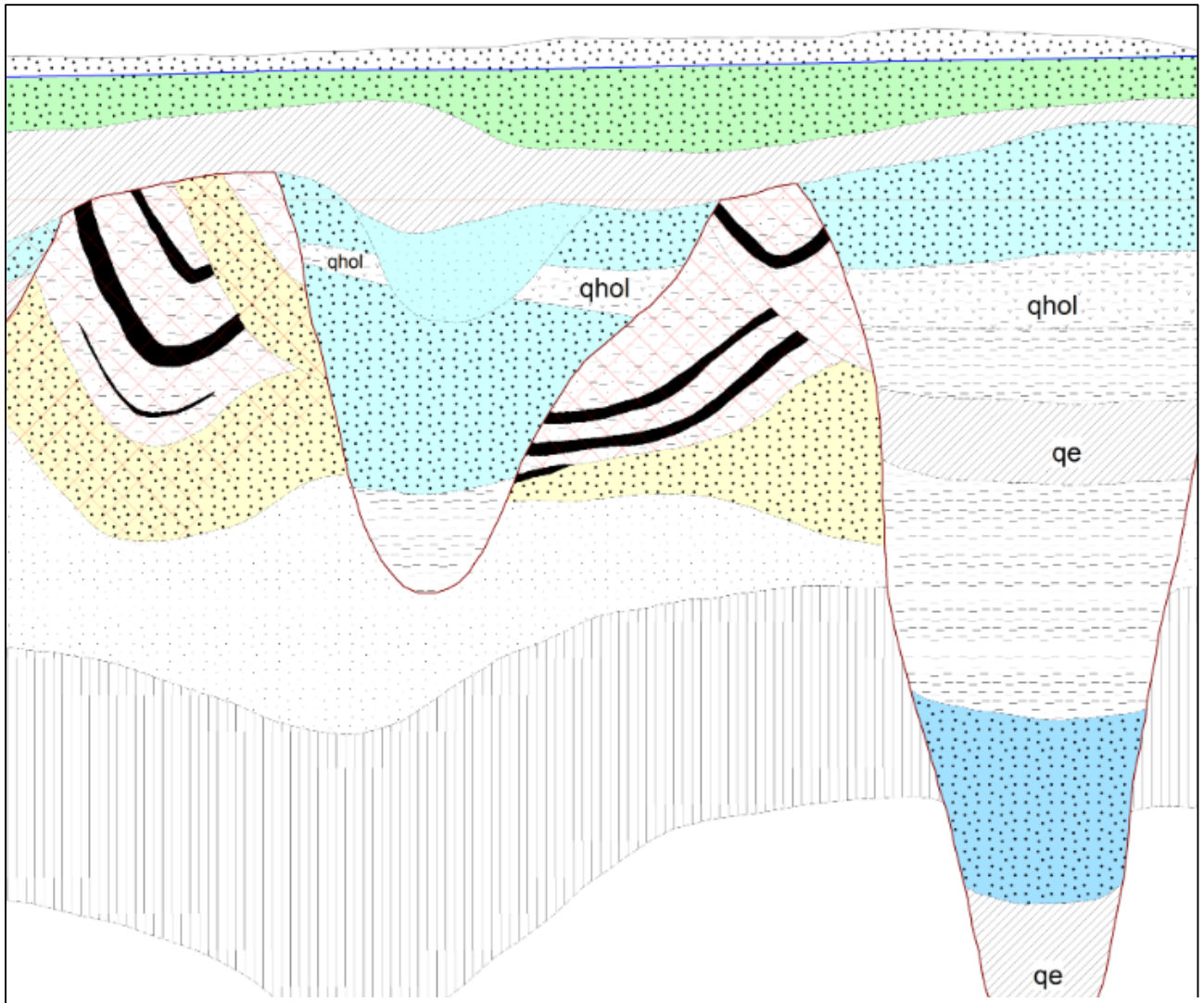
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Hydrogeologischer Ost-West Schnitt 5810 des Blattes L3548 Strausberg der HYK 50

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

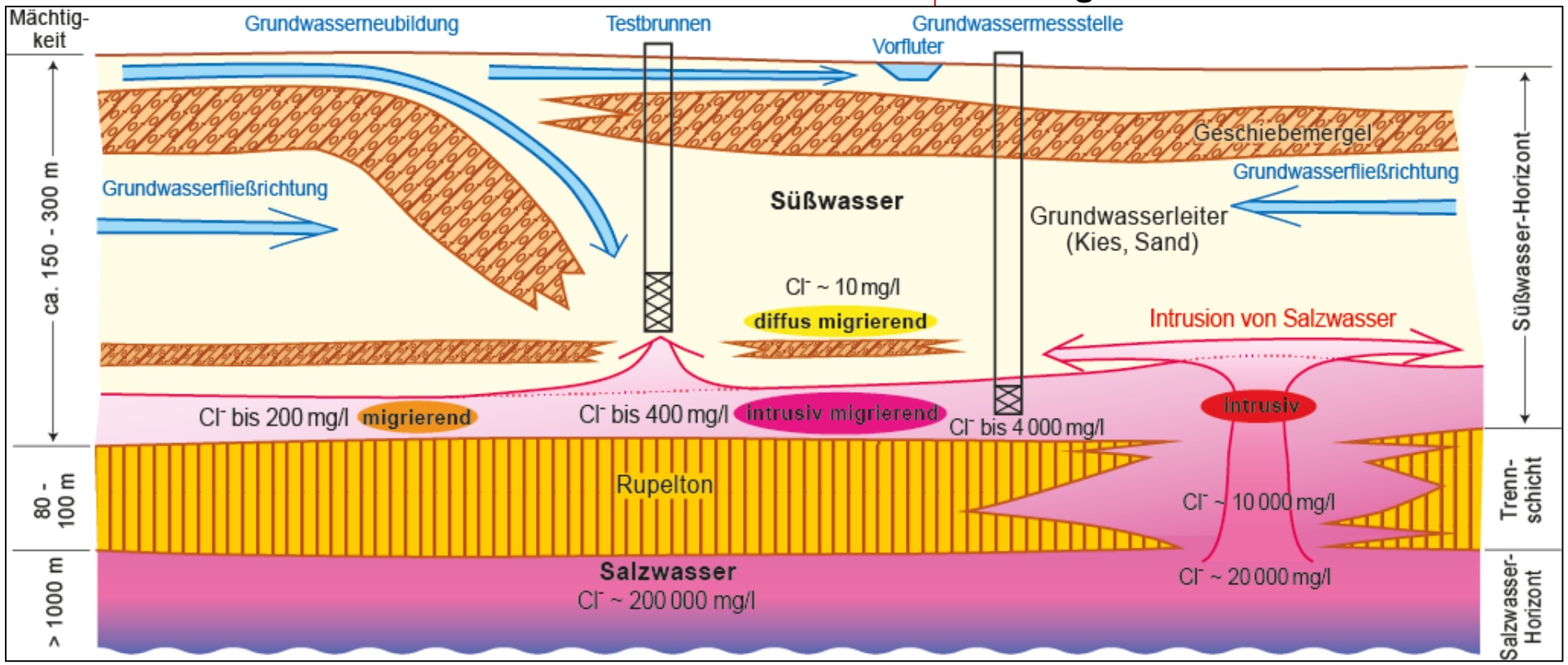
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



GGV	Mobilität
≥ 0,1	diffus
< 0,1 ≥ 0,075	diffus-migrierend
< 0,075 ≥ 0,05	migrierend
< 0,05 ≥ 0,025	intrusiv-migrierend
< 0,025	intrusiv

RECHLIN 2005, ergänzt HERMSDORF 2010, BROSE 2017

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

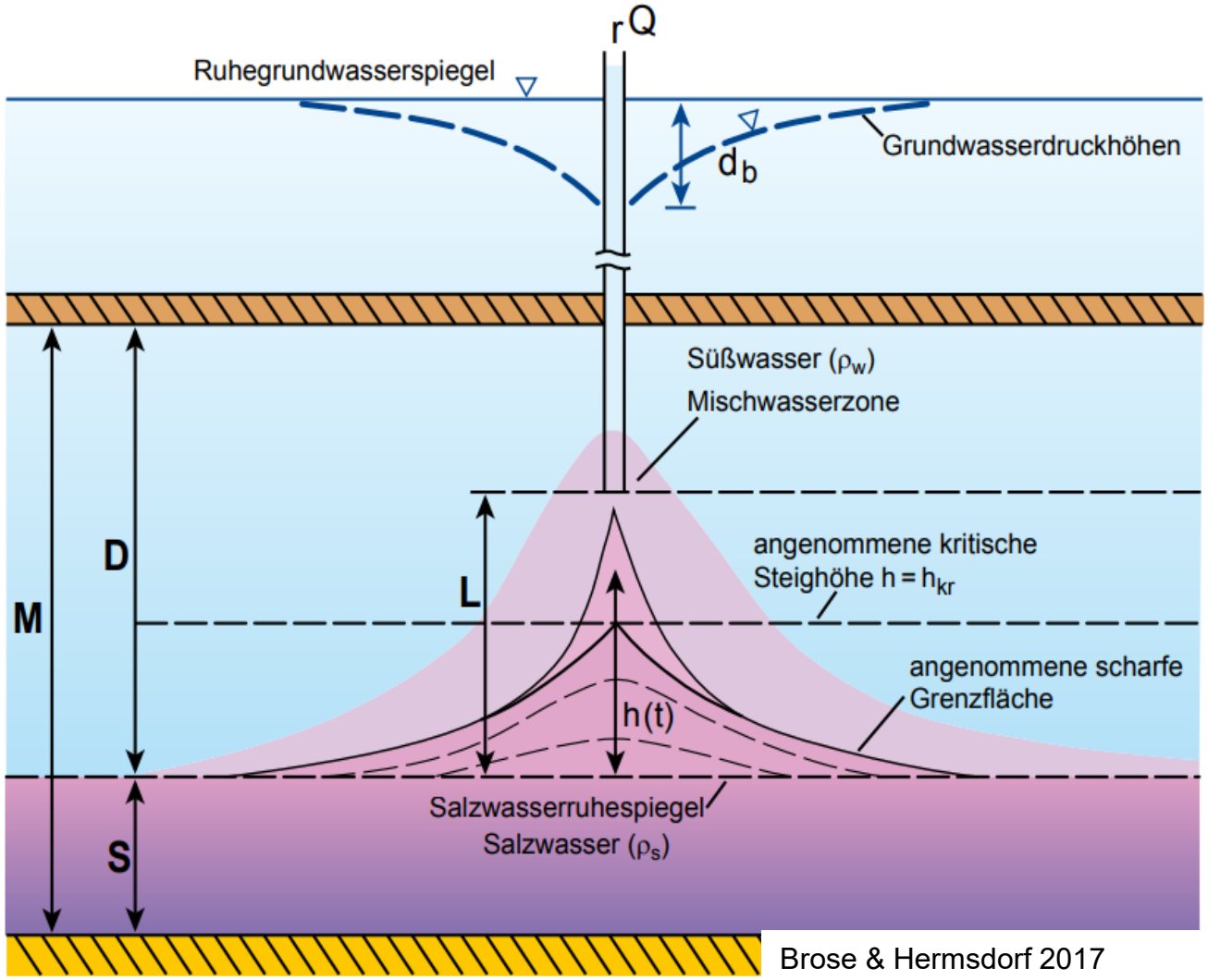
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Brose & Hermsdorf 2017

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

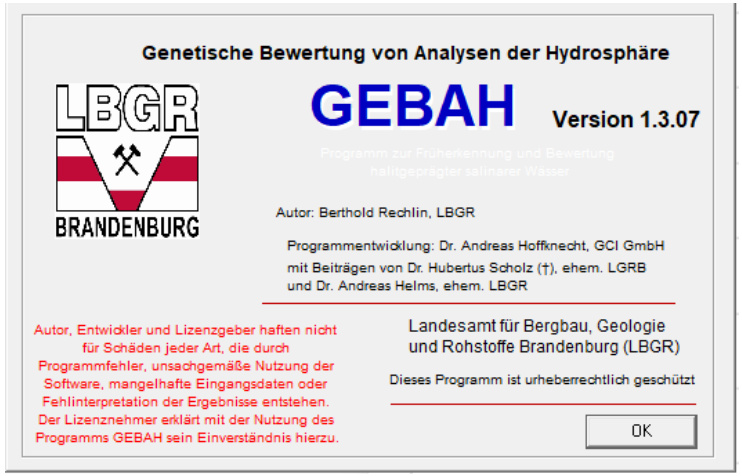
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

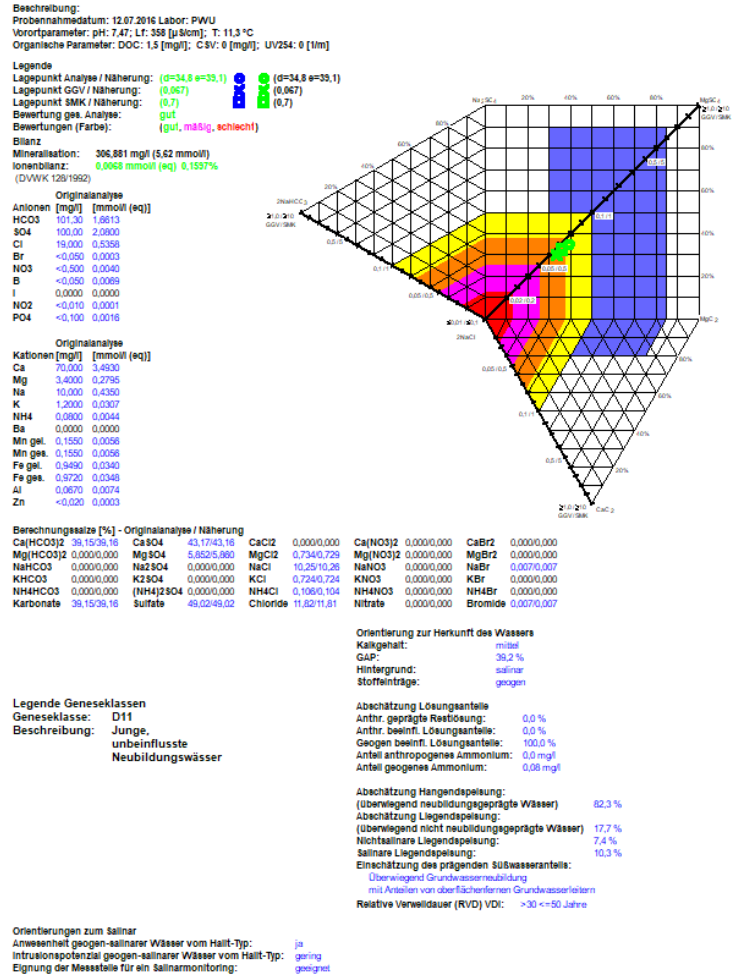
2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



- Grundlage Typendiagramm von Valjašhko (1961)
- Entwicklung Genesemodell 1986
- Seit 2011 als Software verfügbar
- Identifizierung von schon geringfügigen Einflüssen salinarer Tiefenwässer in hydrochemischen Analysen von Proben

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe



1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

- **Vor-Ort**: pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit
- **Kationen**: K, Na, Mg, Ca, NH_4, Fe, Mn (ges./gel.)
- **Anionen**: Cl, SO_4, HCO_3, NO_2, NO_3
- **Organische Parameter:** CSV_{Mn}, DOC, UV_{254}

- **Abweichung der Ionenbilanz sollte e = 1 % nicht überschreiten**

- Berechnung **GGV** und **SMK** sowie anderer Modellsalze entsprechend **Löslichkeit der Ionenverbindungen** beginnend mit schwerlöslichem Salz $Ca(HCO_3)_2$

- **Repräsentanz der Berechnung mit mathematischen Verfahren überprüft**

Berechnungssalze (BS)

„Aufteilung“ der vorhandenen Ionen auf Ionenverbindungen in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit

Beispiel:

Anion	mmol(eq)/l
HCO_3^-	4,4132
SO_4^{2-}	0,0416
Cl^-	0,5922
Br^-	0,0003
NO_3^-	0,0040
Kation	**mmol(eq)/l**
Ca^{2+}	3,3932
Mg^{2+}	0,6494
Na^+	0,9570
K^+	0,0333
NH_4^+	0,0421

Berechnungssalz	mmol(eq)/l	Prozent	Rest	mmol(eq)/l
$Ca(HCO_3)_2$	3,3932	67,17	Rest HCO_3^-	1,0200
$Mg(HCO_3)_2$	0,6494	12,86	Rest HCO_3	0,3706
$NaHCO_3$	0,3706	7,34	Rest Na^+	0,5864
$KHCO_3$	kein HCO3 mehr	0,00		
NH_4HCO_3	kein HCO3 mehr	0,00		
$CaSO_4$	kein Ca mehr	0,00		
$MgSO_4$	kein Mg mehr	0,00		
Na_2SO_4	0,0416	0,82	Rest Na^+	0,5448
K_2SO_4	kein SO4 mehr	0,00		
$(NH_4)_2SO_4$	kein SO4 mehr	0,00		
$CaCl_2$	kein Ca mehr	0,00		
$MgCl_2$	kein Mg mehr	0,00		
NaCl	0,5448	10,78	Rest Cl^-	0,0474
KCl	0,0333	0,66	Rest Cl^-	0,0141
NH_4Cl	0,0141	0,28	Rest NH_4^+	0,0280
...	...	...	...	...
NH_4NO_3	0,0040	0,08	Rest NH_4^+	0,0240
Summe	**5,0510**	**100,00**		

Berechnungssalze [%]

Ca(HCO3)2	67,17	CaSO4	0,000	CaCl2	0,000	Ca(NO3)2	0,000	CaBr2	0,000
Mg(HCO3)2	12,86	MgSO4	0,000	MgCl2	0,000	Mg(NO3)2	0,000	MgBr2	0,000
NaHCO3	7,338	Na2SO4	0,824	NaCl	10,78	NaNO3	0,000	NaBr	0,006
KHCO3	0,000	K2SO4	0,000	KCl	0,659	KNO3	0,000	KBr	0,000
NH4HCO3	0,000	(NH4)2SO4	0,000	NH4Cl	0,281	NH4NO3	0,081	NH4Br	0,000
Karbonate	87,37	Sulfate	0,824	Chloride	11,72	Nitrate	0,081	Bromide	0,006

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Einteilung anhand von Verhältnissen der Äquivalentkonzentrationen

$\frac{HCO_3^-}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{HCO_3^- + SO_4^{2-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{HCO_3^- + SO_4^{2-}}{Ca^{2+}}$	**Typ**	**bestimmendes Merkmal**
> 1			**Natriumtyp** („Karbonattyp“)	Karbonatgehalt nicht durch Ca und Mg abgedeckt
< 1	**> 1**		**Sulfattyp**	Karbonatgehalt durch Ca und Mg abgedeckt Sulfatgehalt nicht durch Ca und Mg abgedeckt
< 1	**< 1**	**> 1**	**Magnesium-typ**	Karbonatgehalt und Sulfatgehalt durch Ca und Mg abgedeckt (Ca reicht zur Abdeckung Sulfat allein nicht aus → Rest durch Mg abgedeckt)
< 1	< 1	**< 1**	**Chloridtyp**	Karbonatgehalt und Sulfatgehalt durch Ca abgedeckt

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

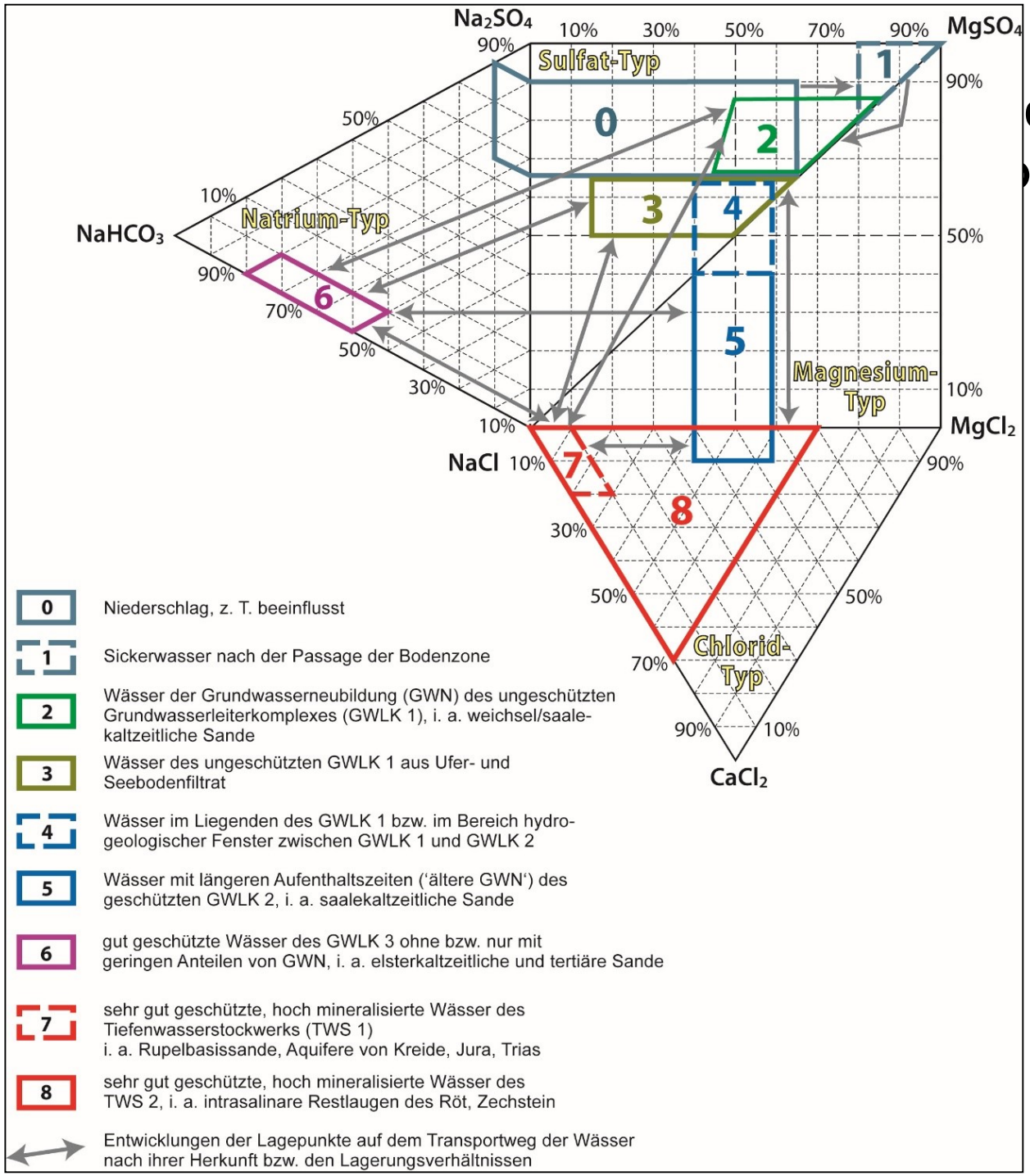
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



desamt für Bergbau, logie und Rohstoffe

Hydrogeochemisches Genesemodell
RECHLIN 1997

Chlorid-Werte:

< 5 bis > 250.000 mg/l

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Zusammenfassung: Genesetypen und Lagepunkt

- Junge Wässer bewegen sich in Entwicklung vorrangig im Sulfat- und Magnesiumtyp
- Natriumtyp: alte Neubildungswässer; statische Wässer unter (mächtigen) Deckschichten → **gefährdet durch Salzwasserintrusion** (Aufstieg von salinaren Tiefenwässern)
- Eintrag von salinaren Wässern mit **Halit**-Dominanz: LP bewegt sich tendentiell auf NaCl-Pol zu
- erhöhte Anteile des BS NaCl (Halit) erste Indikation für mögliche Salzwasserbeeinflussung:

NaCl (%)	Anwesenheit Halit-Salinar
< 10	nein
10 – 15	möglich
>15	ja

- Prozentualer Anteil NaCl an allen BS → konzentrationsunabhängige Bewertung möglich!

Genetisches Grundverhältnis (GGV)

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

- Verhältniszahl, um Kalium zu berücksichtigen
- einfache Form: $GGV = \frac{\mathrm{KCl}(\%)}{\mathrm{NaCl}(\%)}$
- komplexes GGV in GEBAH: $GGV = \frac{\sum \text{K-Salze } (\%)}{\mathrm{NaCl}+\mathrm{NaBr}+\mathrm{NH_4Cl}+\mathrm{FeCl_2}(\%)}$
- Wässer mit gleicher Genese haben gleiches GGV.
  Bsp.: Meerwasser weltweit: GGV 0,024 – 0,027
- Trennung salinar beeinflusste / nicht beeinflusste Wässer
  GGV < 0,1 → Salinarfeld im Diagramm
  GGV < 0,05 → deutlich salinar
  GGV < 0,01 → Salzwasserstockwerk
- Genetische Prozesse, die sich im GGV widerspiegeln: anthropogene Beeinflussung (Streusalz!), Verwitterung, Sorption, Einfluss durch Halitwässer

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

Salinar-Matrix-Koeffizient (SMK)

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

- Genetische Prozesse, die sich alle im GGV widerspiegeln: anthropogene Beeinflussung (Streusalz!), Verwitterung, K-Sorption ↔ Einfluss durch Halitwässer
  → müssen voneinander abgetrennt werden

- genauere Spezifizierung des GGV durch den SMK

- Verhältniszahl „Süßwassersalze“ zu den prägenden Salzen des Salinarstockwerks:

$$SMK = \frac{NaHCO_3 + MgSO_4 + Na_2SO_4 + MgCl_2 + \text{K-Salze} + NH_4\text{-Salze} + NO_3\text{-Salze}\ (\%)}{CaCl_2 + NaCl + NaBr\ (\%)}$$

- SMK betrachtet nur leichter lösliche „Süßwassersalze“, lässt schwerer lösliche *dominante* „Süßwassersalze“ $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, $CaSO_4$ weg → reagiert empfindlicher (d. h. auch bei noch hoher Verdünnung) auf Salinareinfluss

- GGV < 0,1 und SMK ≤ 1 → Salinareinfluss

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

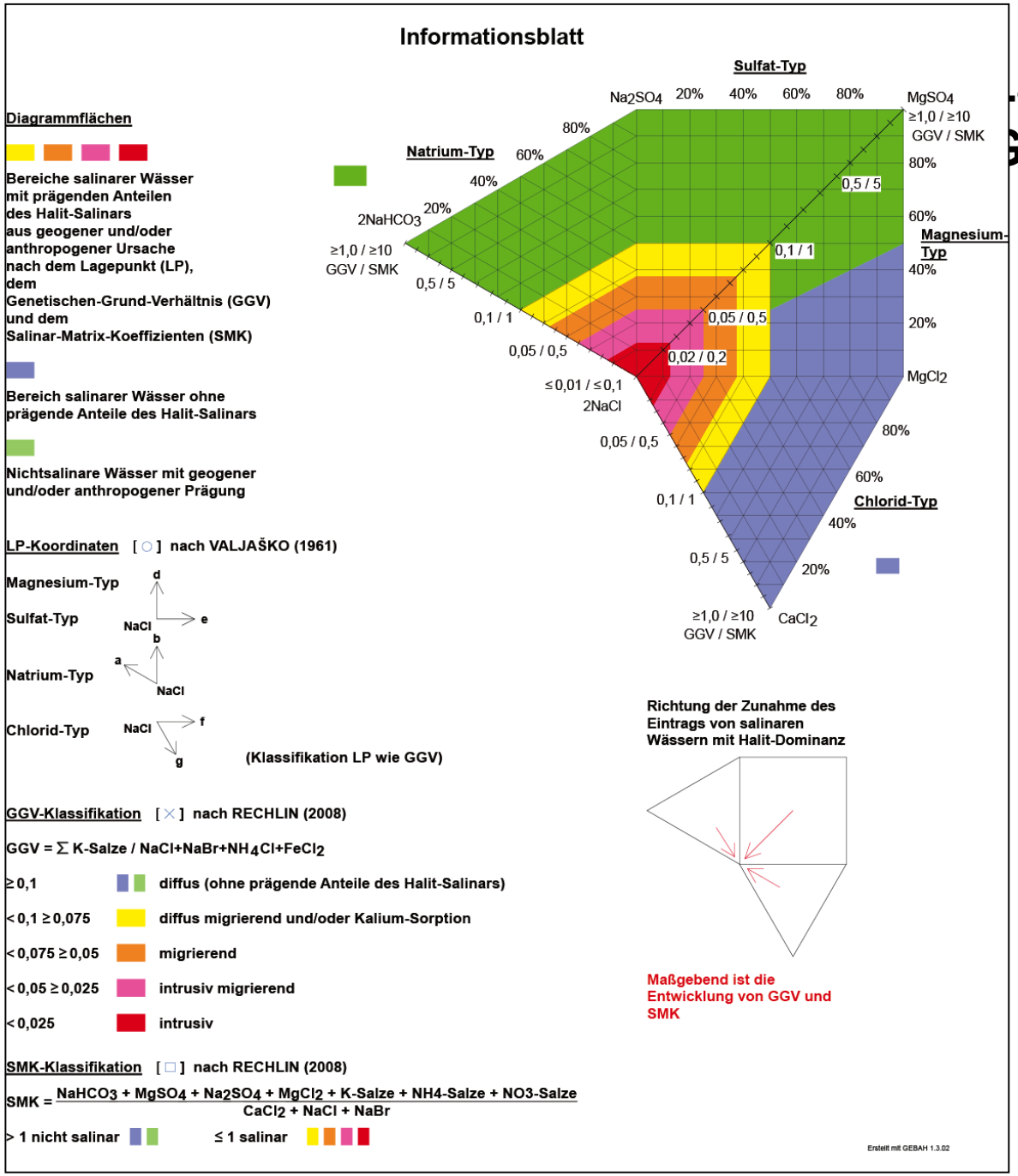
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Salinarfeld
GGV < 0,1
SMK ≤ 1

Trennung der nicht salinar von den salinar beeinflussten Wässern

GGV < 0,05
deutliche Ausprägung salinarer Wässer

LAND BRANDENBURG

Interpretation LP, GGV und SMK in GEBAH

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Auswertung nach dem Genesemodell
Hy Ngw 1/2009 OP ** 2011-09-27

Beschreibung: F 4,0-31,0 m u. GOK; Alter $^3H/^3He$ 33a, Jungwasseranteil 100 %
Probennahmedatum: 27.09.2011 **Labor:** LLB
Vorortparameter: pH: 7,6; Lf: 557 [µS/cm];
Organische Parameter: DOC: 1,7 [mg/l]; UV254: 2,3 [1/m]

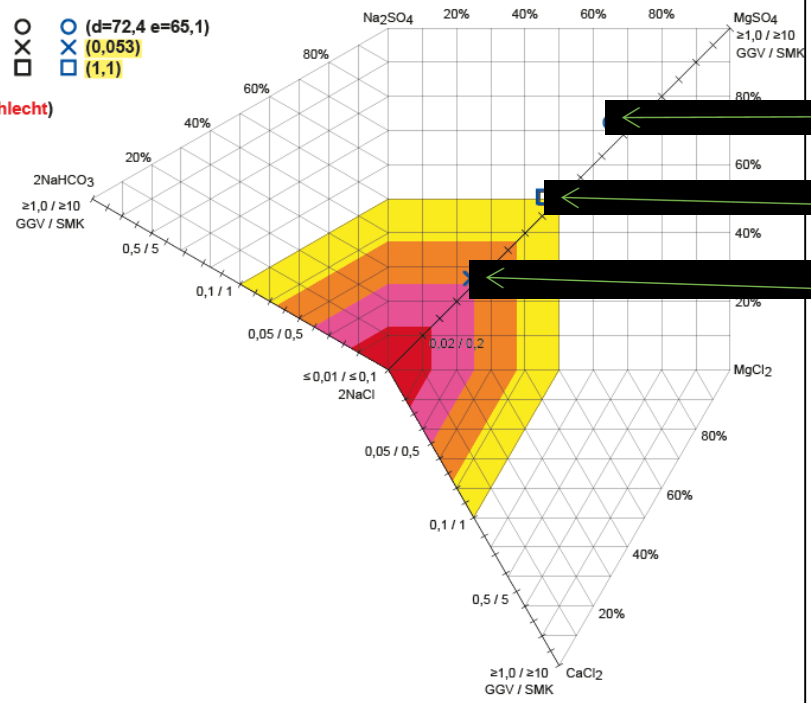
Legende

Lagepunkt Analyse / Näherung:	(d=72,4 e=66,2)	(d=72,4 e=65,1)
Lagepunkt GGV / Näherung:	(0,053)	(0,053)
Lagepunkt SMK / Näherung:	(1,1)	(1,1)
Bewertung ges. Analyse:	mäßig	
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)	

Bilanz
Mineralisation: 447,179 mg/l (8,53 mmol/l)
Ionenbilanz: 0,0258 mmol/l (eq) 0,4359%
(DVWK 128/1992)

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	242,00	3,9688
SO4	66,400	1,3811
Cl	18,700	0,5273
Br	<0,100	0,0006
NO3	1,6400	0,0264
B	0,0150	0,0042
I	0,0000	0,0000
NO2	<0,100	0,0011
PO4	0,0500	0,0016

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	96,600	4,8203
Mg	5,0000	0,4110
Na	15,300	0,6656
K	1,1000	0,0282
NH4	0,0900	0,0050
Ba	0,0050	0,0001
Mn gel.	0,0410	0,0015
Mn ges.	0,0770	0,0028
Fe gel.	<0,020	0,0004
Fe ges.	0,1990	0,0071
Al	<0,010	0,0006
Zn	0,0080	0,0002



GWN

nichtsalinare Komponente

Kalium-Sorption

Berechnungssalze [%] - Originalanalyse / Näherung

Ca(HCO3)2	67,21/67,22	CaSO4	14,42/14,12	CaCl2	0,000/0,000	Ca(NO3)2	0,000/0,000	CaBr2	0,000/0,000
Mg(HCO3)2	0,000/0,000	MgSO4	6,960/6,933	MgCl2	0,000/0,000	Mg(NO3)2	0,000/0,000	MgBr2	0,000/0,000
NaHCO3	0,000/0,000	Na2SO4	2,008/2,343	NaCl	8,931/8,883	NaNO3	0,322/0,000	NaBr	0,011/0,011
KHCO3	0,000/0,000	K2SO4	0,000/0,000	KCl	0,000/0,048	KNO3	0,135/0,427	KBr	0,000/0,000
NH4HCO3	0,000/0,000	(NH4)2SO4	0,000/0,000	NH4Cl	0,000/0,000	NH4NO3	0,000/0,021	NH4Br	0,000/0,000
Karbonate	67,21/67,22	Sulfate	23,39/23,39	Chloride	8,931/8,932	Nitrate	0,456/0,447	Bromide	0,011/0,011

Orientierungen zum Salinar

Anwesenheit geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	ja
Intrusionspotenzial geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	sehr gering
Eignung der Messstelle für ein Salinarmonitoring:	geeignet

Erstellt mit GEBAH 1.3.02

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

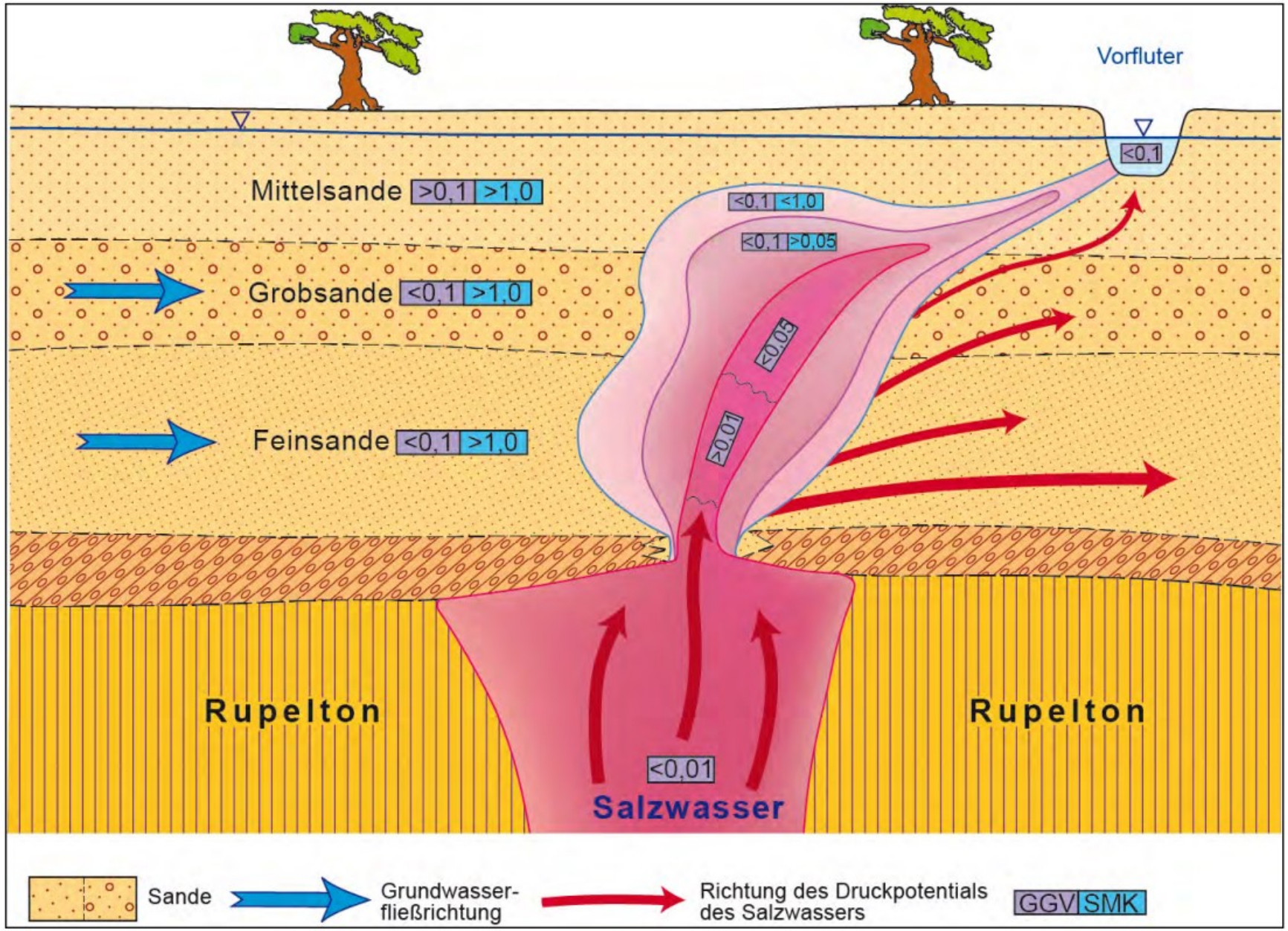
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Salzwasserkolloquium Berlin 12.10.2017

RECHLIN 2009

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

06.09.2021

2.4. Modul Geneseklassen

- junges Uferfiltrat
- altes Uferfiltrat
- junge, unbeeinflusste Neubildungswässer
- junge, anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- junge Neubildungswässer mit Beeinflussung durch Pyritverwitterung
- junge, versauerte, anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- junge, salinar beeinflusste Neubildungswässer
- junge, versauerte Neubildungswässer
- gealterte, unbeeinflusste Neubildungswässer
- gealterte, anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- gealterte Neubildungswässer mit Beeinflussung durch Pyritverwitterung
- gealterte, versauerte, anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- gealterte, salinar beeinflusste Neubildungswässer
- gealterte versauerte Neubildungswässer
- alte, unbeeinflusste Neubildungswässer
- alte, anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- alte, versauerte anthropogen beeinflusste Neubildungswässer
- alte, salinar beeinflusste Neubildungswässer
- alte, versauerte Neubildungswässer
- statische, unbeeinflusste Grundwässer
- statische, salinar beeinflusste Grundwässer
- salinare Ablaugungswässer
- salinare alkalisierte Wässer
- salinare erdalkalisierte Wässer
- salinare gealterte erdalkalisierte Wässer
- salinare gealterte alkalisierte Wässer
- salinare Gleichgewichtswässer

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

- Methode zur Charakterisierung des Entwicklungsprozesses des Grundwasserchemismus in den Lockergesteinsgrundwasserleitern des Norddeutschen Tieflands

LAND BRANDENBURG

Beispiel „Junge anthropogen beeinflusste Neubildungswässer“

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	<	$HCO_3^- + SO_4^{2}$
Ca^{2+}	>	HCO_3^-

Kriterium junge Neubildungswässer

pH	≥	6,5		und
$CaCl_2 + MgCl_2 + NaCl + KCl$	>	15	%	und
$NaCl + KCl$	<	15	%	oder
K^+	>	7	mg/l	oder
NO_3^-	>	2	mg/l	oder
SO_4^{2-}	>	130	mg/l	und
SO_4^{2-}	≤	250	mg/l	

Kriterium zur Abgrenzung anthropogen beeinflusste / unbeeinflusste junge Neubildungswässer

Aktivität	**Konzentrationserhöhung von Ionen**
Düngung mit organischem Dünger	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-
Düngung mit mineralischem Dünger	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^-, NO_3^-, NH_4^+
Auftausalze	Mg^{2+}, Na^+, SO_4^{2-}, Cl^-
Hausmüll- und Bauschuttdeponien	Ca^{2+}, SO_4^{2-}, Cl^-, Borate
Häusliche Abwässer	Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^-, NH_4^+, NO_3^-, HCO_3^-, PO_4^{3-}

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

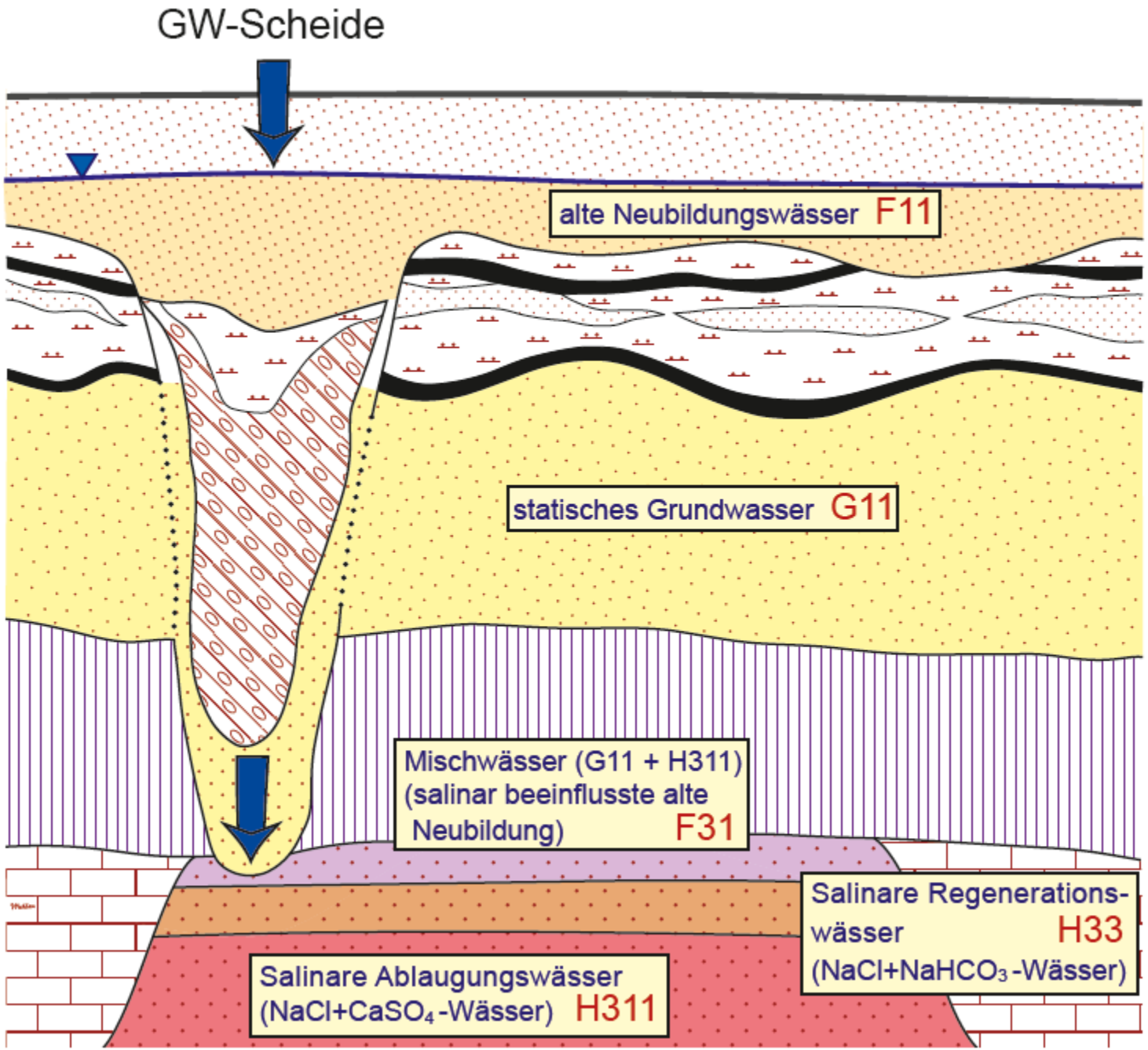
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

06.09.2021

LAND BRANDENBURG

Wasserwerk Flatow, OHV „Fahrbefehl“ mit GEBAH

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

LAND BRANDENBURG

Übersichtskarte des Betrachtungsraumes

Landesamt für Bergbau, [illegible] und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

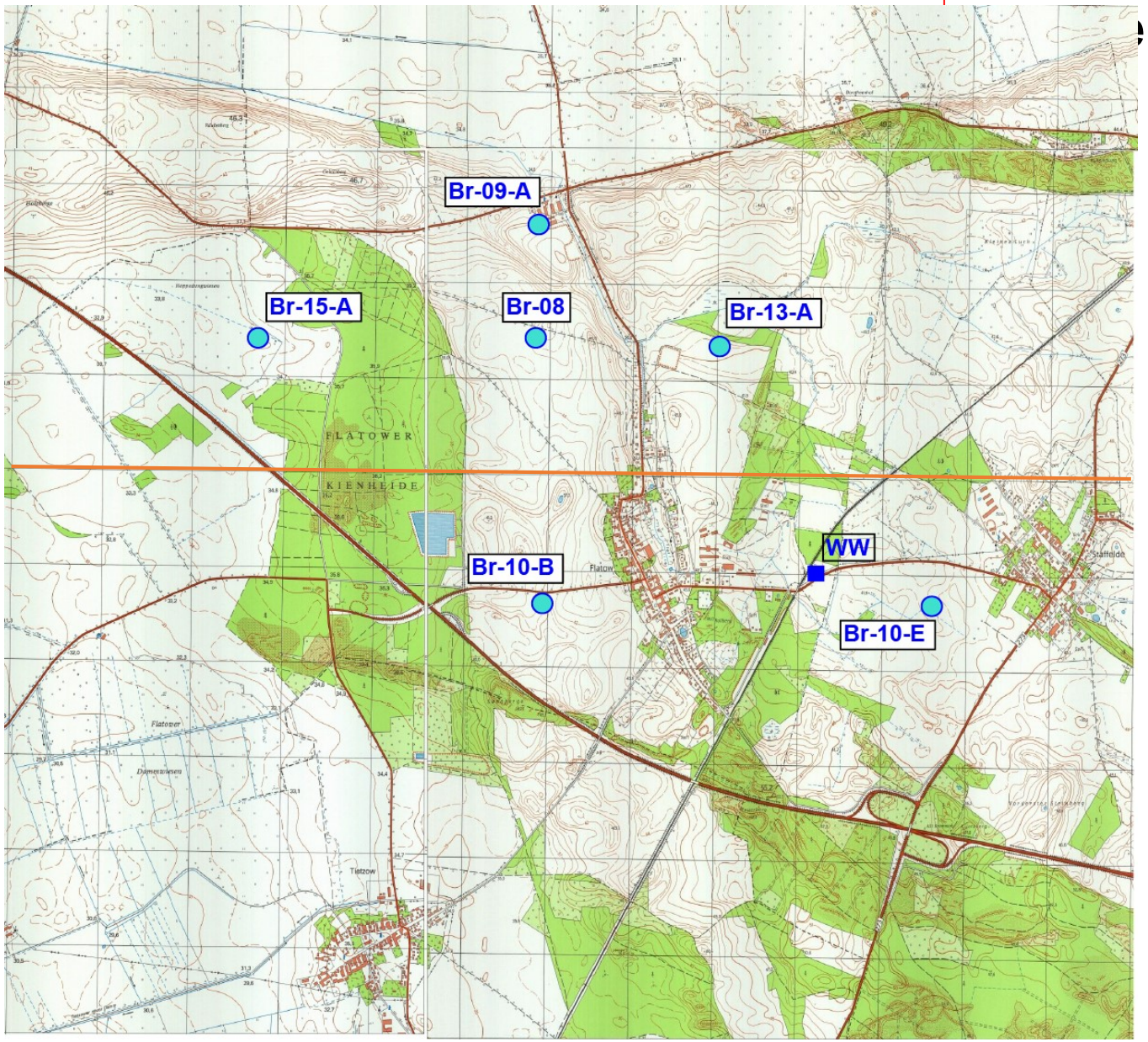
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Schnitt LBGR 5845
Blatt L 3342 Nauen

Kartengrundlage
Quelle LK OHV

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

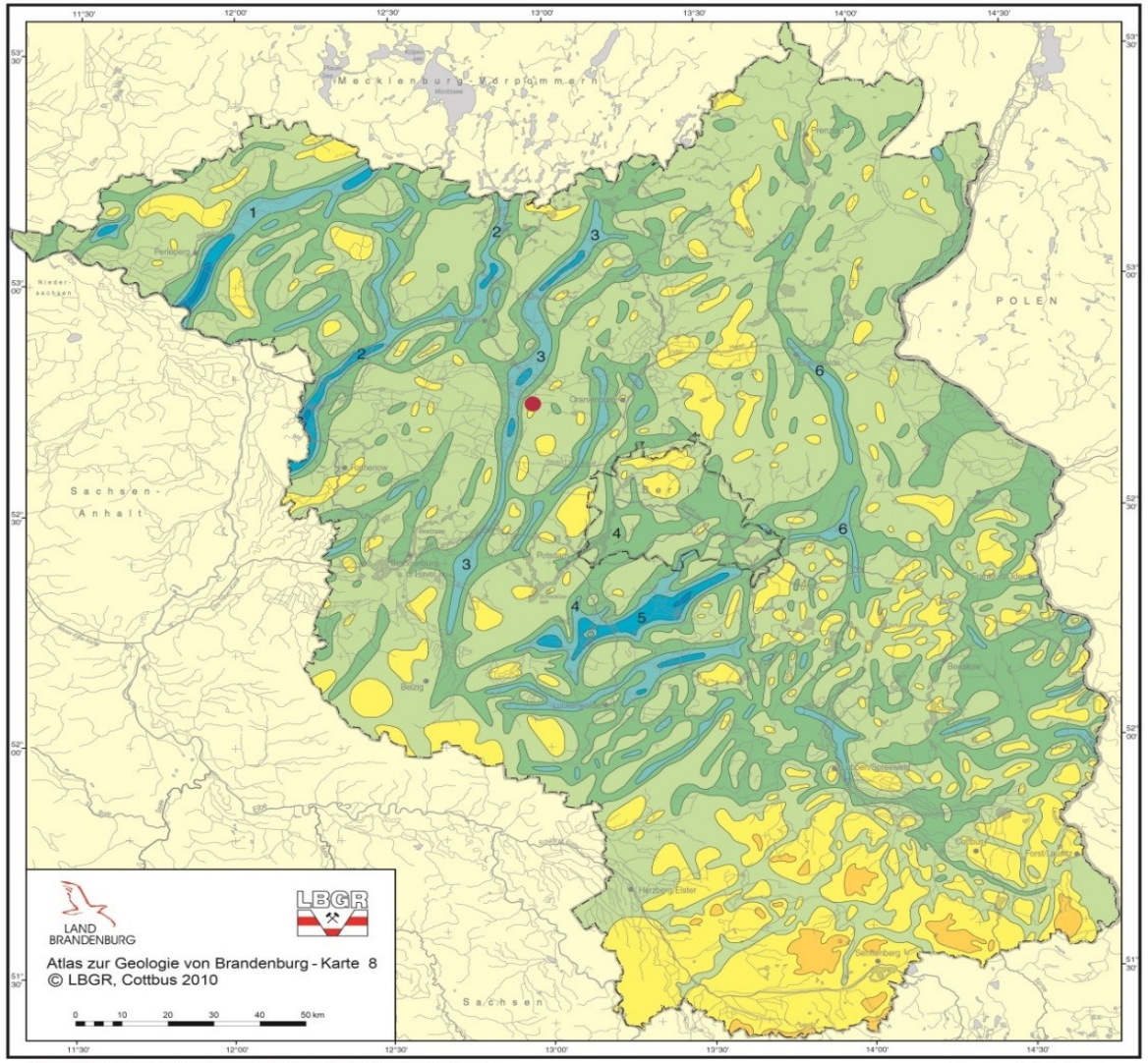
2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Tiefenlage der Quartärbasisfläche

1 : 1 000 000



Kartengrundlage: Topographische Karte, Land Brandenburg, Maßstab 1 : 1 000 000 Nutzung mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Brandenburg, Nummer: GB 107/01

Sonntag, A. & L. Lippstreu

Quartärbasisfläche

- höher + 100 m NN
- +100 m bis ± 0 m NN
- ± 0 m bis -100 m NN
- -100 m bis -200 m NN
- -200 m bis -300 m NN
- -300 m bis -500 m NN
- tiefer - 500 m NN

1 - 6 Markante Rinnensysteme (mit vorläufiger Bezeichnung)

1 "Prignitz-Rinne"
2 "Ruppin-Altmark-Rinne"
3 "Nauen-Havelländische Rinne"
4 "Beelitz-Dreilinden-Tegeler Rinne"
5 "Blankensee-Schmöckwitzer (Teltow-) Rinne"
6 "Eberswalde-Storkower Rinne"

Verwendete Unterlagen:

CEPEK et al. (1972-1990): Lithofazieskarten Quartär 1: 50 000
HÖNEMANN, G.; KÜSTERMANN, W.; MEYER, W.; AHRENS, H.; LOTSCH, D.; RUTHSATZ, H. & W. v.BÜLOW (1990): Reflexionsseismische Kartierung von Tieflagen der Pleistozänbasis im Nordteil der DDR. Kurzref. - Nachr. Dtsch. Geol. Ges. **43**, S. 45, Hannover
HÖNEMANN, G.; KÜSTERMANN, W. & W. MEYER (1995): Reflexionsseismische Kartierung von Tiefenlagen der Pleistozänbasis in Nordostdeutschland. - Z. geol. W. **23**, 3, S. 261-275, Berlin
KUPETZ, M.; SCHUBERT, G.; SEIFERT, A. & L. WOLF (1990): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitektonischer Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlengebiet. - Geoprofil **1**, S. 2-17, Freiberg
LOTSCH, D.; AHRENS, H.; BACHMANN, G. & H. JORTZIG (1982): Gesamteinschätzung Braunkohle DDR - Gebiet Berlin. - Unveröff. Ber., ZGI Berlin
RUTHSATZ, H. (1979-1983): Verbreitung, struktureller Bau und Tiefenlage der Quartärbasis im Nordteil der DDR. - Unveröff. Ber., ZGI Berlin
Archivunterlagen des LGRB

LAND BRANDENBURG

Detail des Schnittes 5845 der HYK 50 des LBGR

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

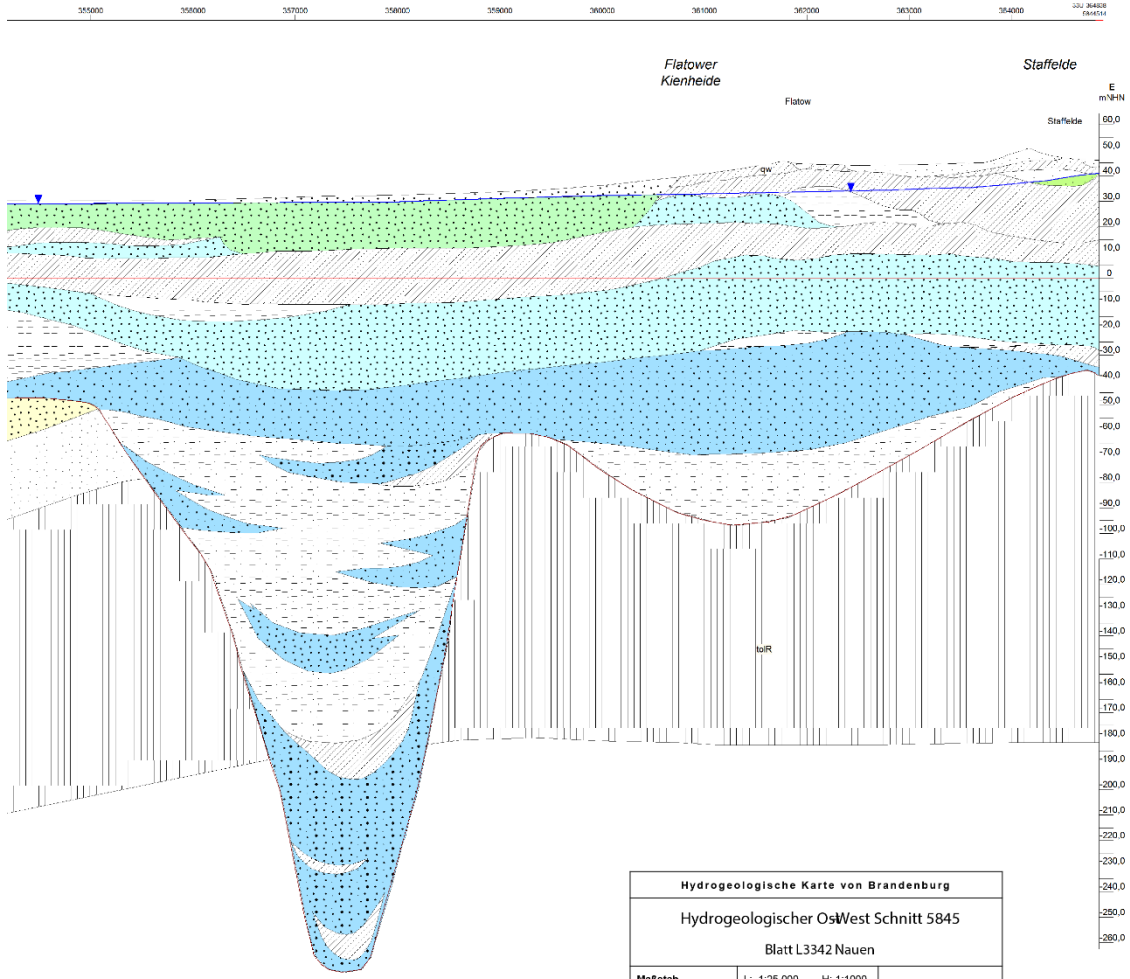
2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Hydrogeologischer Ost -West Schnitt 5845
Blatt L3342 Nauen



Hydrogeologische Karte von Brandenburg		
Hydrogeologischer Ost-West Schnitt 5845 Blatt L3342 Nauen		
Maßstab	L: 1:25 000 H: 1:1000	LBGR Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
Bearbeitungsstand	12/217	
Bearbeitung	Walter, A.; Reyes, S.	
Redaktion	Kaboth, U.; Pawlitzky, M.	

Legende

Grundwasserstandslinie
Salzwasseraustritt an der Oberfläche
Quartärbasis
glazigene Lagerungsstörungen
tektonische Lagerungsstörung

Lithologie

Mudde, Torf (Holozan, Eem, Holstein)
Geschiebemergel, Geschiebelehm
Schluff / Ton
Schluff-Feinsand-Wechsellagerung
Feinsand
Mittel- und Grobsand
Kies
Steinsohle
Schluff, stark kohlig (Braunkohlenschluff)
Sand, stark kohlig
Braunkohle
Rupelschichten (Schluff, Ton)
Gips, Anhydrit

Stratigraphische Einstufungen

qw - Weichsel-Kaltzeit
qee - Eem-Warmzeit
qs - Saale-Kaltzeit
qhol - Holstein-Komplex
qe - Elster-Kaltzeit
tmi - miozäne Quarzsande
tol - oligozäne Glimmersande
tolR - Rupel

Grundwasserleiter

GWL oberhalb des Grundwasserspiegels

weitgehend unbedeckter Grundwasserleiterkomplex (GWLK 1)

GWL 1. 1 weitgehend unbedeckter Grundwasserleiter der Urstromtäler und Niederungen
GWL 1. 2 weitgehend unbedeckter Grundwasserleiter der Hochflächen

weitgehend bedeckter Grundwasserleiterkomplex (GWLK 2)

GWL 2. 0 vorwiegend in den Deckkomplex eingelagerter, lokal nutzbarer Grundwasserleiter
GWL 2. 1 bedeckter gebietsspezifischer
GWL 2. 2 Grundwasserleiter

tieferer Grundwasserleiterkomplex (GWLK 3)

GWL 3. 1 Grundwasserleiter/Quartär
GWL 3 t Grundwasserleiter/Tertiär

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

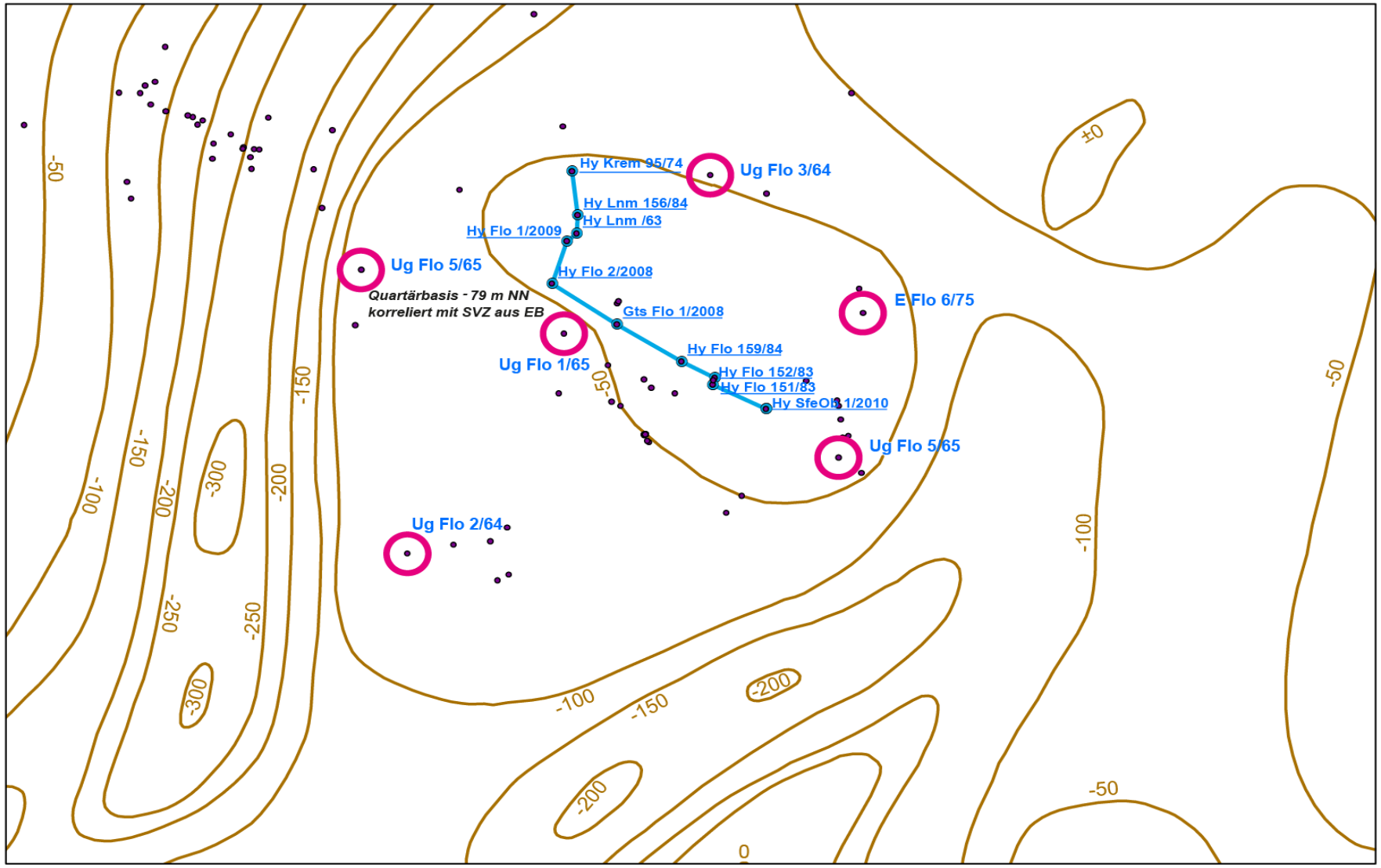
2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Quartärbasis im Betrachtungsraum

Grundlage LKQ Blatt 1966 und angepasst mit Bohrungen Datenbank LBGR 2016

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe



LAND BRANDENBURG

GW-Fließrichtung im Betrachtungsraum

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

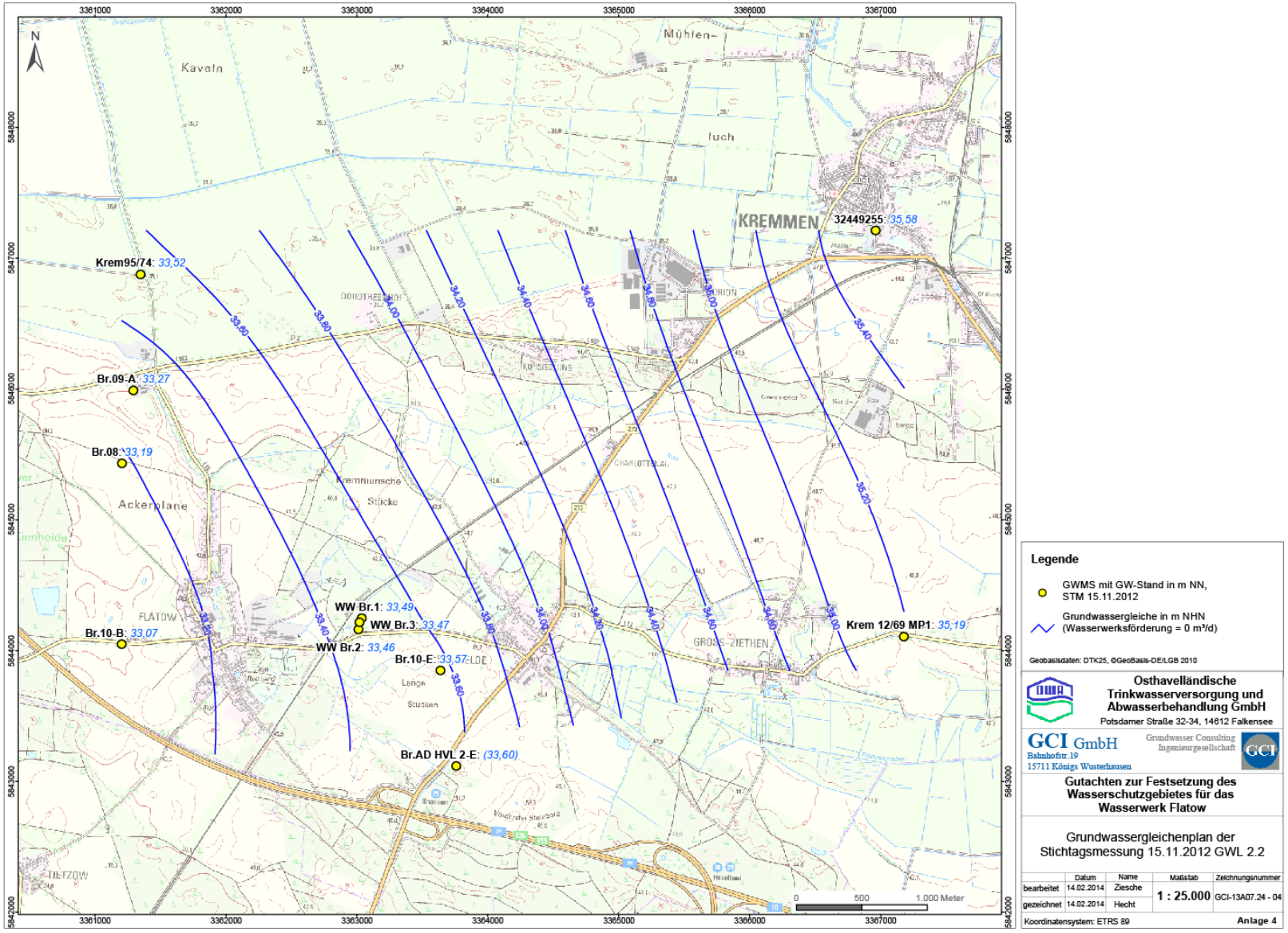
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



Legende

- GWMS mit GW-Stand in m NN, STM 15.11.2012
- Grundwassergleiche in m NHN (Wasserwerksförderung = 0 m³/d)

Geobasisdaten: DTK25, ©GeoBasis-DE/LGB 2010

Osthavelländische Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung GmbH
Potsdamer Straße 32-34, 14612 Falkensee

GCI GmbH
Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft
Bahnhofstr.19
15711 Königs Wusterhausen

Gutachten zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Flatow

Grundwassergleichenplan der Stichtagsmessung 15.11.2012 GWL 2.2

	Datum	Name	Maßstab	Zeichnungsnummer
bearbeitet	14.02.2014	Ziesche	1 : 25.000	GCI-13A07.24 - 04
gezeichnet	14.02.2014	Hecht		
Koordinatensystem: ETRS 89				Anlage 4

LAND BRANDENBURG

Verlauf des geologischen Schnittes durch den Betrachtungsraum

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

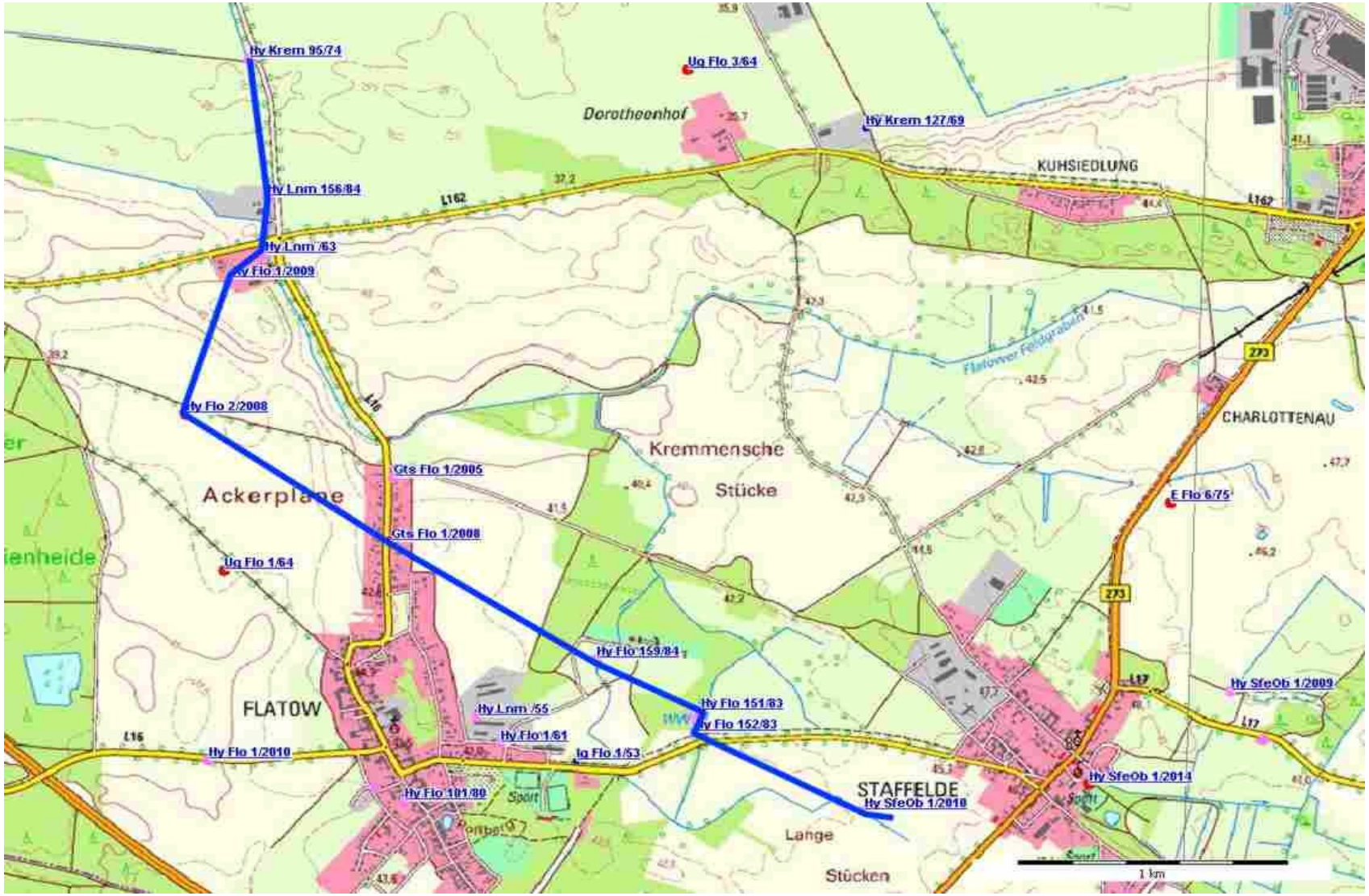
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



LAND BRANDENBURG

Geologische Lagerungsverhältnisse im Betrachtungsraum

(LBGR 2016)

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

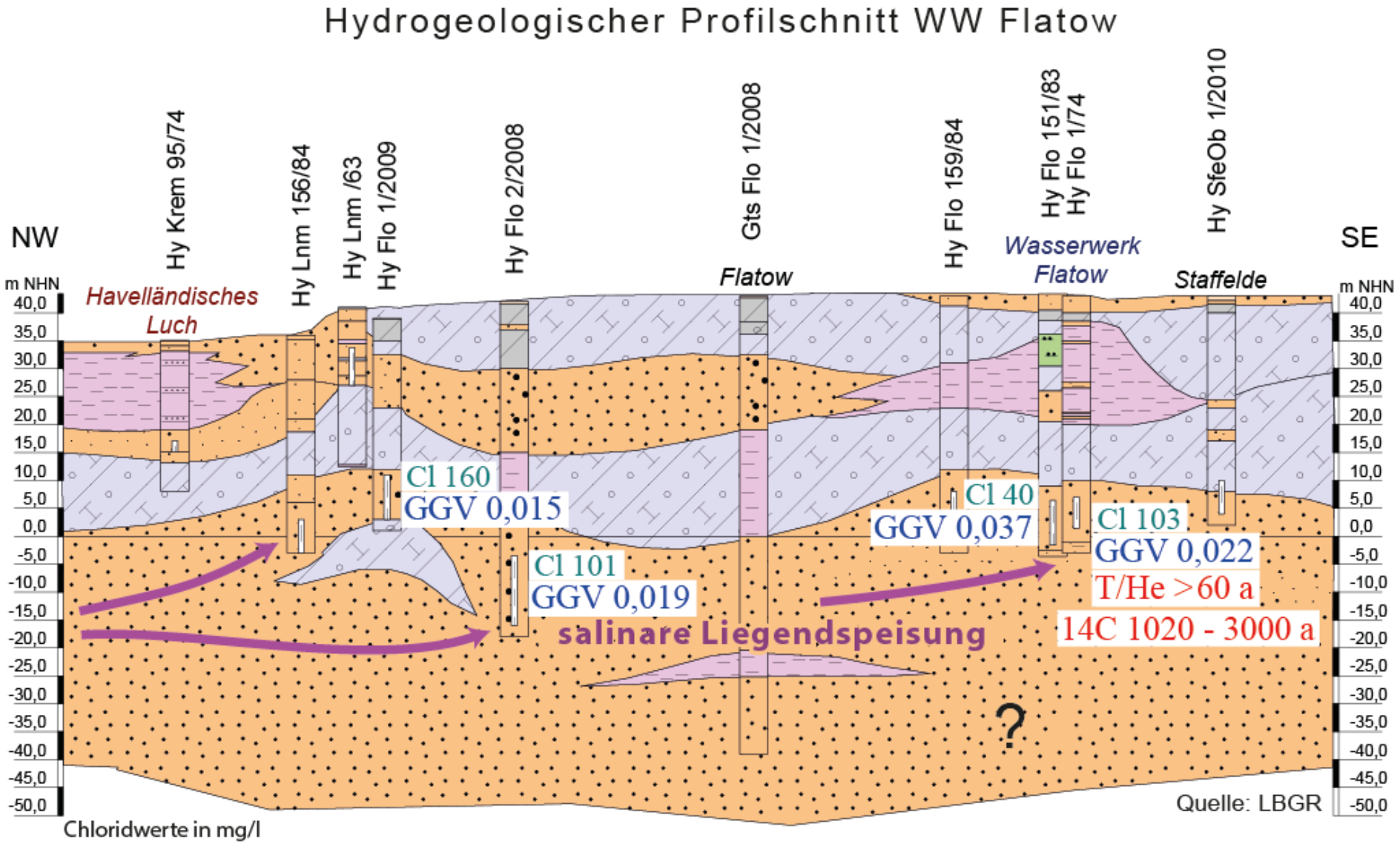
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel



WW Flatow Brunnen 3 genetische Entwicklung

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

Auswertung nach dem Genesemodell
WW Flatow, Brunnen 3 ** 2021-04-15

Beschreibung:
Probennahmedatum: 15.04.2021 Labor: AGROLAB
Vorortparameter: pH: 7,5; Lf: 693 [µS/cm]; T: 9,4 °C
Organische Parameter: DOC: 2,2 [mg/l]; CSV: 0 [mg/l]; UV254: 3,7 [1/m]

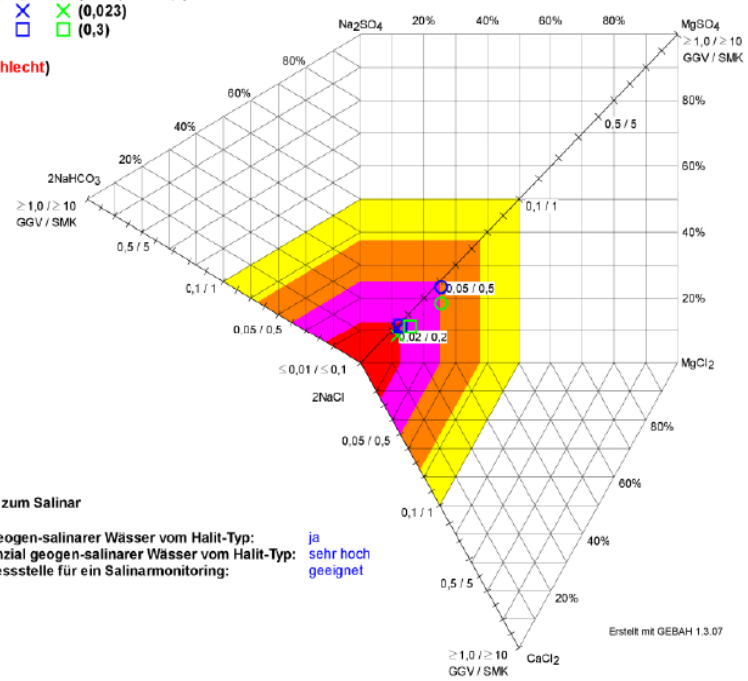
Legende

Lagepunkt Analyse / Näherung:	(d=23,3 e=25,4)	(d=18,4 e=25,4)
Lagepunkt GGV / Näherung:	(0,023)	(0,023)
Lagepunkt SMK / Näherung:	(0,3)	(0,3)
Bewertung ges. Analyse:	schlecht	
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)	

Bilanz
Mineralisation: 482,153 mg/l (11,05 mmol/l)
Ionenbilanz: -0,2099 mmol/l (eq) -3,1191%
(DVWK 128/1992)

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	240,00	3,9360
SO4	19,600	0,4077
Cl	88,300	2,4901
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

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	73,600	3,6726
Mg	8,9000	0,7316
Na	49,300	2,1446
K	1,9600	0,0502
NH4	0,3700	0,0205
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,1200	0,0044
Mn ges.	0,1200	0,0044
Fe gel.	<0,003	0,0001
Fe ges.	1,5000	0,0537
Al	0,0000	0,0000
Zn	0,0000	0,0000



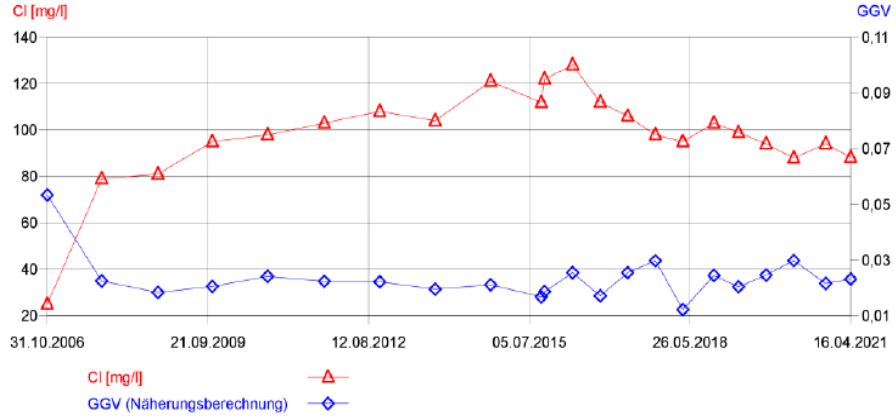
Orientierungen zum Salinar

Anwesenheit geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	ja
Intrusionspotenzial geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	sehr hoch
Eignung der Messstelle für ein Salinarmonitoring:	geeignet

Erstellt mit GEBAH 1.3.07

Berechnungssalze [%] - Originalanalyse / Näherung

Ca(HCO3)2	55,48/55,65	CaSO4	0,000/0,000	CaCl2	0,000/0,000	Ca(NO3)2	0,000/0,000	CaBr2	0,000/0,000
Mg(HCO3)2	3,979/1,977	MgSO4	6,159/5,969	MgCl2	0,915/3,063	Mg(NO3)2	0,000/0,000	MgBr2	0,000/0,000
NaHCO3	0,000/0,000	Na2SO4	0,000/0,000	NaCl	32,40/32,27	NaNO3	0,000/0,000	NaBr	0,000/0,000
KHCO3	0,000/0,000	K2SO4	0,000/0,000	KCl	0,758/0,755	KNO3	0,000/0,000	KBr	0,000/0,000
NH4HCO3	0,000/0,000	(NH4)2SO4	0,000/0,000	NH4Cl	0,310/0,308	NH4NO3	0,000/0,000	NH4Br	0,000/0,000
Karbonate	59,46/57,63	Sulfate	6,159/5,969	Chloride	34,38/36,40	Nitrate	0,000/0,000	Bromide	0,000/0,000



LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

WW Flatow Brunnen 1 genetische Entwicklung

Beschreibung:
Probennahmedatum: 30.10.2018 Labor: PWU
Vorortparameter: pH: 7,56; Lf: 550 [µS/cm]; T: 11,1 °C
Organische Parameter: DOC: 2 [mg/l]; UV254: 3,8 [1/m]

Auswertung nach dem Genesemodell
WW Flatow, Brunnen 1 ** 2018-10-30

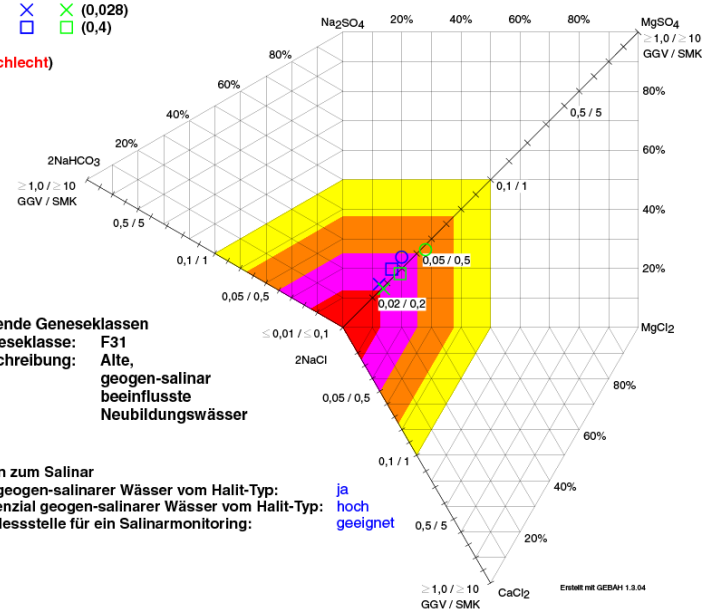
Legende

Lagepunkt Analyse / Näherung:	(d=23,7 e=19,9)	(d=26,3 e=27,9)
Lagepunkt GGV / Näherung:	(0,029)	(0,028)
Lagepunkt SMK / Näherung:	(0,4)	(0,4)
Bewertung ges. Analyse:	schlecht	
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)	

Bilanz
Mineralisation: 428,450 mg/l (9,45 mmol/l)
Ionenbilanz: -0,1735 mmol/l (eq) -2,9442%
(DVWK 128/1992)

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	220,30	3,6129
SO4	27,000	0,5616
Cl	64,000	1,8048
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

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	69,000	3,4431
Mg	7,8000	0,6412
Na	38,000	1,6530
K	1,8000	0,0461
NH4	0,1400	0,0078
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,0900	0,0033
Mn ges.	0,0900	0,0033
Fe gel.	0,3200	0,0115
Fe ges.	0,3880	0,0139
Al	0,0000	0,0000
Zn	0,0000	0,0000



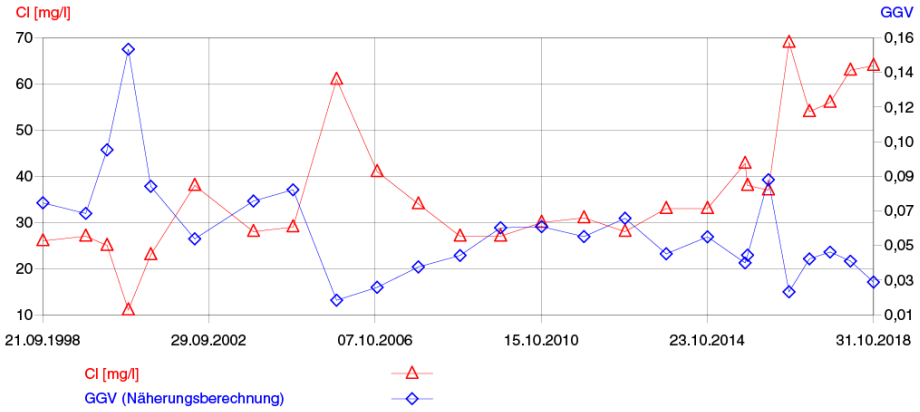
Legende Geneseklassen
Geneseklasse: F31
Beschreibung: Alte, geogen-salinar beeinflusste Neubildungswässer

Orientierungen zum Salinar

Anwesenheit geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	ja
Intrusionspotenzial geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	hoch
Eignung der Messstelle für ein Salinarmonitoring:	geeignet

Berechnungssalze [%] - Originalanalyse / Näherung

Ca(HCO3)2	59,46/59,62	CaSO4	0,000/0,000	CaCl2	0,000/0,000	Ca(NO3)2	0,000/0,000	CaBr2	0,000/0,000
Mg(HCO3)2	2,932/0,950	MgSO4	8,139/9,416	MgCl2	0,000/0,660	Mg(NO3)2	0,000/0,000	MgBr2	0,000/0,000
NaHCO3	0,000/0,000	Na2SO4	1,559/0,000	NaCl	26,99/28,43	NaNO3	0,000/0,000	NaBr	0,000/0,000
KHCO3	0,000/0,000	K2SO4	0,000/0,000	KCl	0,796/0,792	KNO3	0,000/0,000	KBr	0,000/0,000
NH4HCO3	0,000/0,000	(NH4)2SO4	0,000/0,000	NH4Cl	0,134/0,133	NH4NO3	0,000/0,000	NH4Br	0,000/0,000
Karbonate	62,39/60,57	Sulfate	9,698/9,416	Chloride	27,91/30,01	Nitrate	0,000/0,000	Bromide	0,000/0,000



Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Umstellung der Brunnenfahrweise seit 11.05.2016

LAND BRANDENBURG

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

WW Flatow Brunnen 2 genetische Entwicklung

Beschreibung:
Probennahmedatum: 30.10.2018 Labor: PWU
Vorortparameter: pH: 7,5; Lf: 613 [µS/cm]; T: 11,3 °C
Organische Parameter: DOC: 2 [mg/l]; UV254: 3,5 [1/m]

Auswertung nach dem Genesemodell
WW Flatow, Brunnen 2 ** 2018-10-30

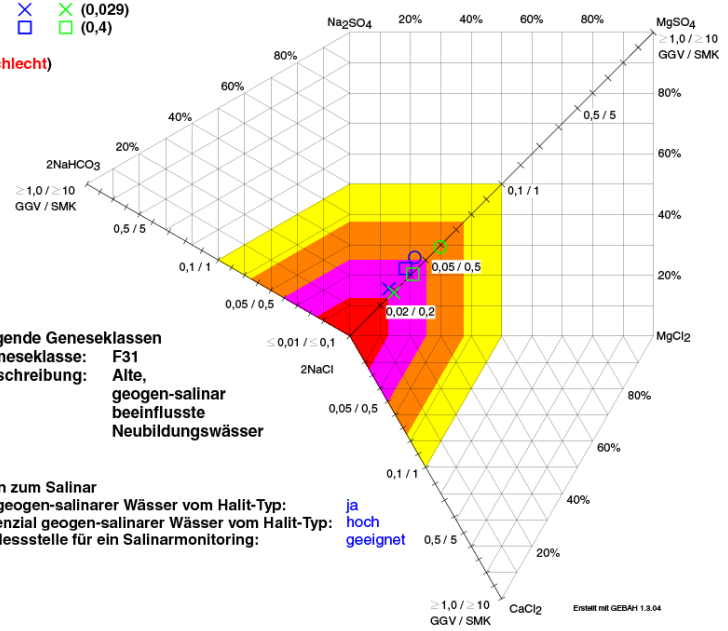
Legende

Lagepunkt Analyse / Näherung:	(d=25,9 e=21,4)	(d=29,3 e=29,8)
Lagepunkt GGV / Näherung:	(0,031)	(0,029)
Lagepunkt SMK / Näherung:	(0,4)	(0,4)
Bewertung ges. Analyse:	schlecht	
Bewertungen (Farbe):	(gut, mäßig, schlecht)	

Bilanz
Mineralisation: 519,066 mg/l (11,36 mmol/l)
Ionenbilanz: -0,1870 mmol/l (eq) -2,6245%
(DVWK 128/1992)

Anionen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
HCO3	268,50	4,4034
SO4	35,000	0,7280
Cl	74,000	2,0868
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

Kationen	Originalanalyse [mg/l]	[mmol/l (eq)]
Ca	84,000	4,1916
Mg	9,9000	0,8138
Na	44,000	1,9140
K	2,2000	0,0563
NH4	0,1500	0,0083
Ba	0,0000	0,0000
Mn gel.	0,1460	0,0053
Mn ges.	0,1460	0,0053
Fe gel.	1,1700	0,0419
Fe ges.	1,3590	0,0487
Al	0,0000	0,0000
Zn	0,0000	0,0000



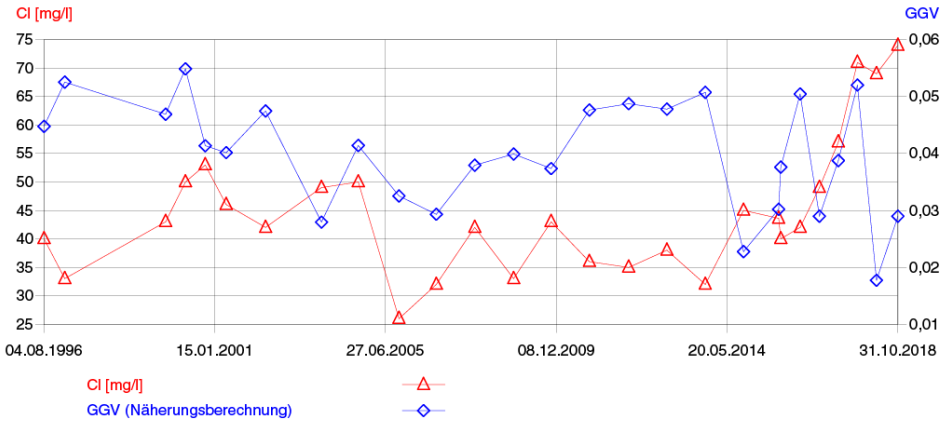
Legende Geneseklassen
Geneseklasse: F31
Beschreibung: Alte, geogen-salinar beeinflusste Neubildungswässer

Orientierungen zum Salinar

Anwesenheit geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	ja
Intrusionspotenzial geogen-salinarer Wässer vom Halit-Typ:	hoch
Eignung der Messstelle für ein Salinarmonitoring:	geeignet

Berechnungssalze [%] - Originalanalyse / Näherung

Ca(HCO3)2	60,02/60,17	CaSO4	0,000/0,000	CaCl2	0,000/0,000	Ca(NO3)2	0,000/0,000	CaBr2	0,000/0,000
Mg(HCO3)2	3,033/1,239	MgSO4	8,619/10,15	MgCl2	0,000/0,215	Mg(NO3)2	0,000/0,000	MgBr2	0,000/0,000
NaHCO3	0,000/0,000	Na2SO4	1,804/0,000	NaCl	25,60/27,30	NaNO3	0,000/0,000	NaBr	0,000/0,000
KHCO3	0,000/0,000	K2SO4	0,000/0,000	KCl	0,806/0,803	KNO3	0,000/0,000	KBr	0,000/0,000
NH4HCO3	0,000/0,000	(NH4)2SO4	0,000/0,000	NH4Cl	0,119/0,119	NH4NO3	0,000/0,000	NH4Br	0,000/0,000
Karbonate	63,05/61,41	Sulfate	10,42/10,15	Chloride	26,53/28,44	Nitrate	0,000/0,000	Bromide	0,000/0,000



Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Umstellung der Brunnenfahrweise seit 11.05.2016

LAND BRANDENBURG

Flatow, Lage der Geophysik-Profile

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

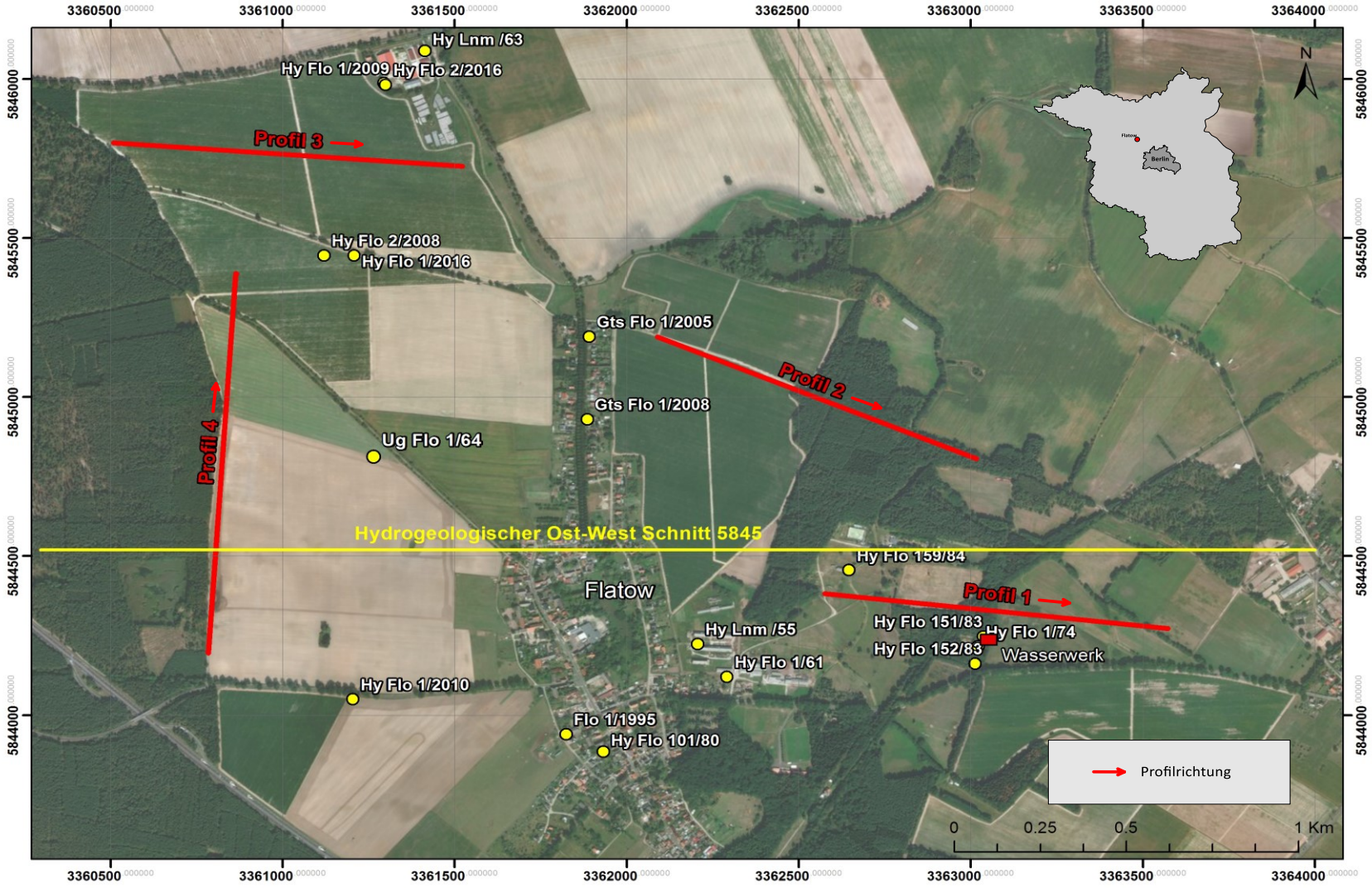
2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

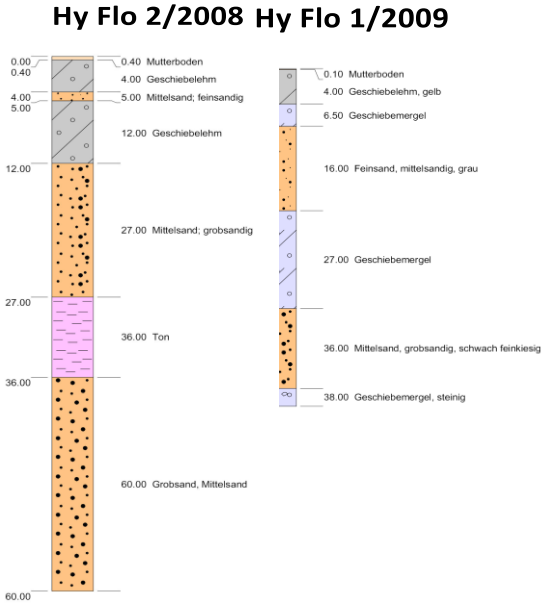


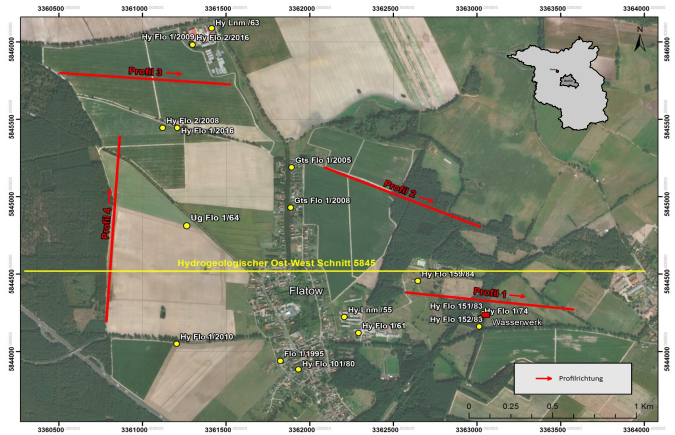
LAND BRANDENBURG

Profile 3, EM 100

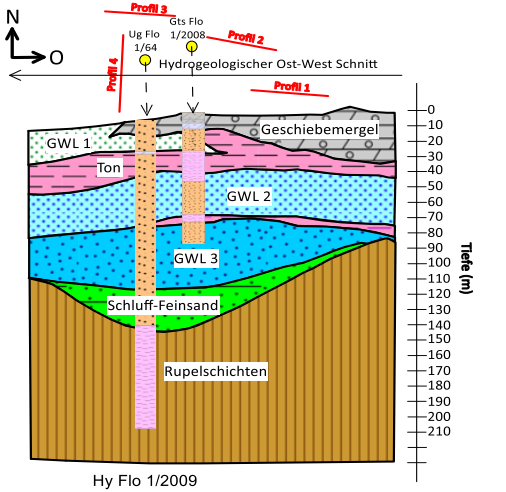
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg
2. GEBAH
2.1. Grundlagen
2.2. Genesetypen und Genesediagramm
2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion
2.4. Modul Geneseklassen
3. Fallbeispiel





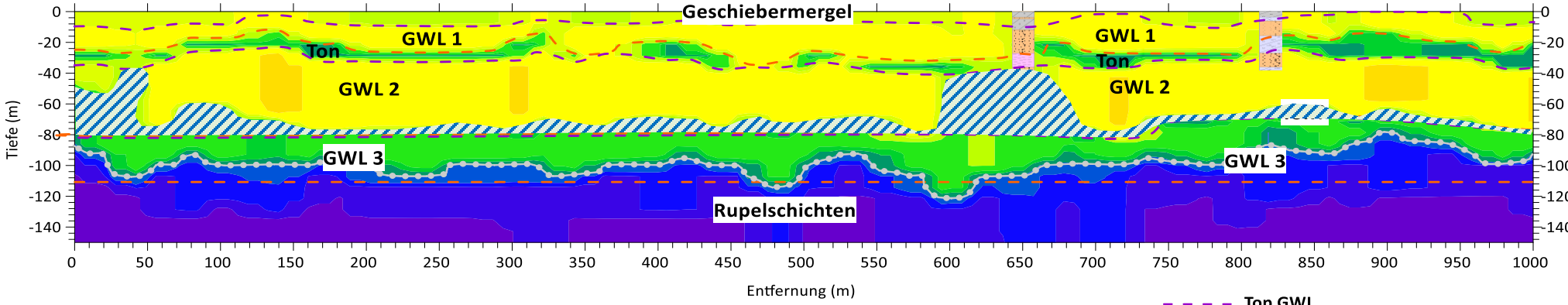
Lage der Messprofile in Bezug zum Hydrogeologischen Ost-West Schnitt L3342-5845

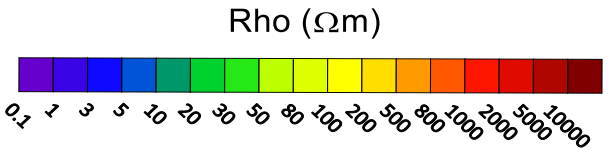


EM 100

Hy Flo 2/2008 (290m südl., projiziert)

Hy Flo 1/2009 (250m nordl., projiziert)





Top GWL

Basis GWL

gering mineralisiertes Wasser im GWL 2

Süß/Salzwassergrenze
(< 10 Ωm, 2000 mg/l NaCl - Äquivalent)

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

1. Geologische Ausgangssituation in Brandenburg

2. GEBAH

2.1. Grundlagen

2.2. Genesetypen und Genesediagramm

2.3. Indikatoren für Salzwasserintrusion

2.4. Modul Geneseklassen

3. Fallbeispiel

- Mit geophysikalischen Verfahren erfolgte Kartierung der Süß-/Salzwassergrenze im Untergrund

- direkte Identifizierung salinarer Intrusionsbahn nicht möglich
  → dennoch Reduzierung förderbedingter salinarer Speisungsanteile im genutzten HGWL
  nötig
- alternative Nutzung des oberen GWL durch Beregnungsbrunnen möglich

- Ziel = langfristigen Sicherstellung der TW-Versorgung durch WW Flatow lange bevor TVO-Grenzwert Chlorid erreicht
- Umstellung Brunnenfahrweise 05/2016 auf Grundlage hydrogeochemisch- genetischer Befunde + halbjährliche Überwachung Förderbrunnen

- weiteren hydrogeochemischen Überwachung Beregnungsbrunnen im Umfeld WW Flatow.

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Geophysikalische und hydrochemische Untersuchungen zur Grundwasserversalzung in Brandenburg

https://www.geobasis-bb.de/geodaten/lbgr/lbgr_1-2-2017.htm