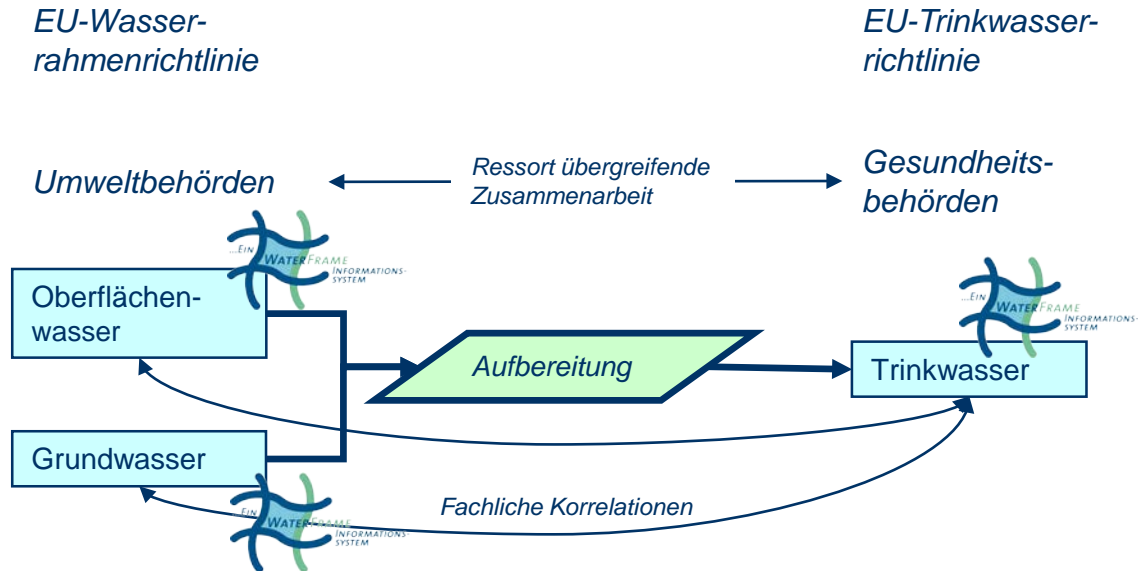


Komplexe Auswertung von Fachinformationen am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser Baden-Württemberg

*Martin Schmieder, Jürgen Moßgraber,
Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB*

*martin.schmieder@iosb.fraunhofer.de
juergen.mossgraber@iosb.fraunhofer.de*



- Einsatz in Baden-Württemberg, Thüringen, Bayern im Rahmen der FIS-Gewässer-Kooperation

Fachanwendung Grundwasser (GWDB)

40 JAHRE AKTIV FÜR
NATUR & UMWELT **LUBW**

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg

© LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

WIBAS Grundwasser
Grundwasserdatenbank

15 Jahre
GWDB

UIS Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Fraunhofer
IOSB

INTERNATIONAL
WATER FORUM

Grundwasserdatenbank 4.1.0

© Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
Naturschutz Baden-Württemberg 2000-2016

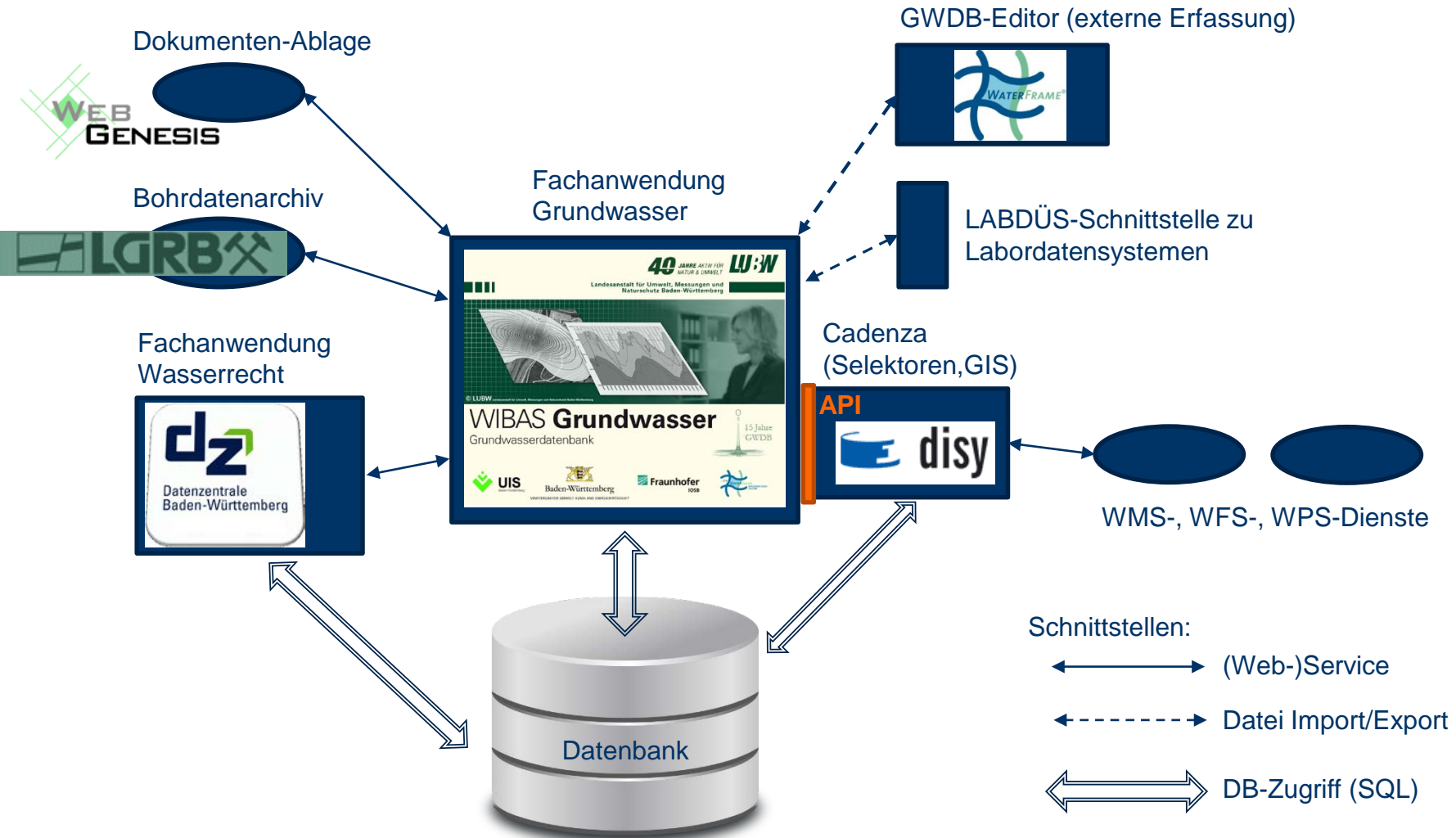
entwickelt durch Fraunhofer IOSB, Karlsruhe

im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt,
Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg

Fachanwendung Grundwasser (GWDB)

- Flexibles Datenhaltungs- und Auswertewerkzeug
- Im Einsatz bei LUBW, Stadt/Landkreisen, Regierungsbezirken, Deponiebetreibern in Baden-Württemberg
- Modul im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg
Bereich WIBAS - Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz
- In JAVA realisierte Datenbank-Anwendung unter Nutzung von WaterFrame® Komponenten.
- Integrierte Dienste zur Kartendarstellung und Selektion
(Cadenza/GISterm der Firma Disy)

Schnittstellen



Datenkategorien

- **Stammdaten**
 - Grundwassermessstellen (Brunnen, Quellen...) ca. 90.000
 - geothermische Anlagen ca. 25.000
- **Grundwasser-Analysen** ca. 150.000
 - Qualitative Messwerte ca. 3 Mio.
- **Quantitative Messwerte** ca. 20 Mio.
 - Grundwasserstände
 - Quellschüttungen
 - Sickerwasser-/Niederschlagsmengen

Komplexe Auswertungen

Beispiele für die Erstellung von Diagrammen, Karten und Berichten

- Stammdaten
 - Temperaturfelder im Bereich Geothermie
- Qualitative Messwerte
 - Trendanalyse nach Grundwasserverordnung
- Quantitative Messwerte
 - Diagramme für Nass- und Trockenperioden

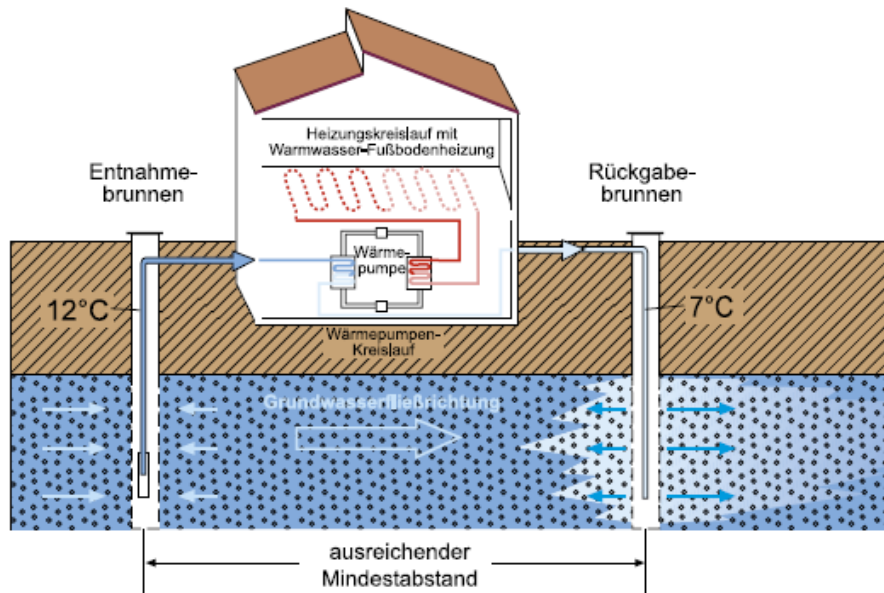
Komplexe Auswertungen

Beispiele für die Erstellung von Diagrammen, Karten und Berichten

- **Stammdaten**
 - **Temperaturfelder im Bereich Geothermie**
- Qualitative Messwerte
 - Trendanalyse nach Grundwasserverordnung
- Quantitative Messwerte
 - Diagramme für Nass- und Trockenperioden

Beispiel 1: Temperaturfeldberechnung

- Zunehmende Nutzung von Grundwasserwärmepumpen zum Heizen und Kühlen im privaten und gewerblichen Bereich
- Temperaturfahne in Grundwasser-Fließrichtung → Konfliktpotenzial
- Berechnung des Temperaturfeldprofils erforderlich für Genehmigung dieser Anlagen



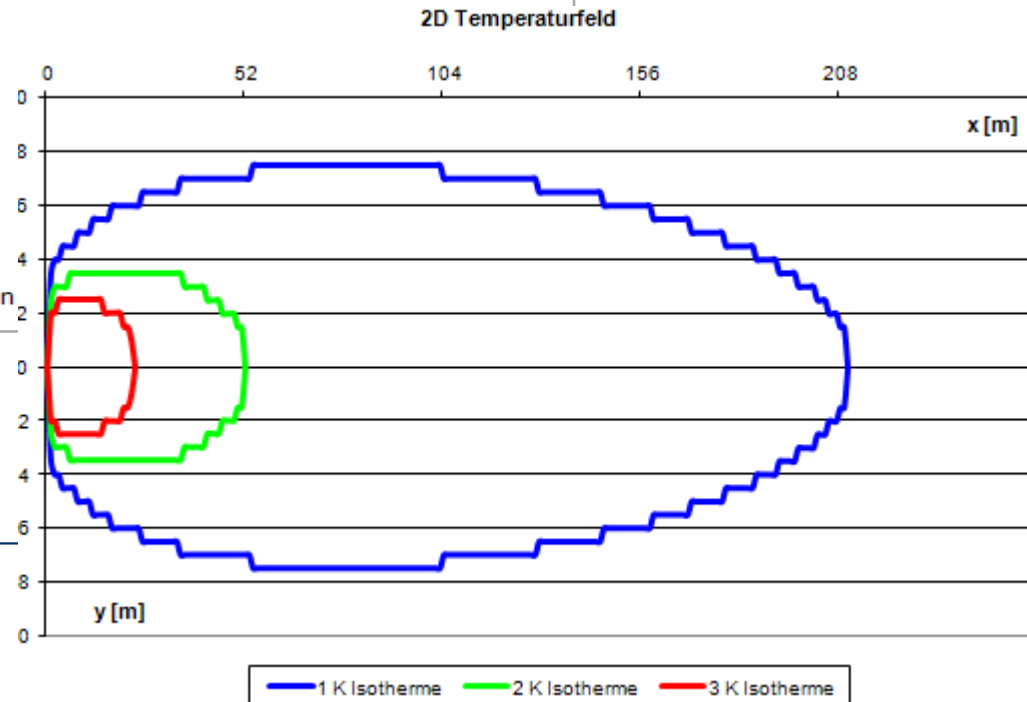
Quelle: Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen, Umweltministerium Baden-Württemberg

Beispiel 1: Temperaturfeldberechnung

- Früher: Excel-basierte Berechnung und Darstellung

$$\Delta T(x,y,t) = \frac{Q\Delta T_E}{4n_f m v_a \sqrt{\pi\alpha_T}} \cdot \exp\left(\frac{x-r}{2\alpha_L}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{r}} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{r-v_a t/R}{2\sqrt{v_a\alpha_L t/R}}\right) \quad \text{mit:} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \frac{\alpha_L}{\alpha_T}$$

ΔT	Gesuchte Isotherme als Differenz zur Grundwassertemperatur [K]
x,y	Längs- und Querkoordinate [m] (x in Strömungsrichtung, y senkrecht zur Strömungsrichtung)
t	Zeit seit Beginn der Einleitung [s]
Q, Q_W, Q_J	Infiltrationsrate [m^3/s] (W = Winterbetrieb, J = Jahresbetrieb))
ΔT_E	Unterschied zwischen Einleittemperatur und unbeeinflusster Grundwassertemperatur [K]
n_f	Transportwirksamer Hohlraumanteil [-]
m	Genutzte grundwassererfüllte Mächtigkeit [m]
v_a	Abstandsgeschwindigkeit [m/s]
α_L	Längsdispersivität [m]
α_T	Querdispersivität [m]
R	Retardation [-]
\exp	Exponentialfunktion (e^x)
$\operatorname{erf} / \operatorname{erfc}$	Fehlerfunktion / komplementäre Fehlerfunktion



Beispiel 1: Temperaturfeldberechnung

- Jetzt: Berechnung und Darstellung direkt in der Fachanwendung bei den dort verwalteten Geothermie-Stammdaten
- Fachobjekt
Temperaturfeld

Messstelle bearbeiten (Kennung: 80-13428)

Messort | Aufschlüsse

Temperaturfelder

Lastfall	Entnahmerate	Tage	Datum	extern berechnet
Jahresbetrieb	0,3	10000	02.05.2012	<input type="checkbox"/>
Winterbetrieb	0,6	120	23.08.2012	<input type="checkbox"/>

Neu Löschen

Datum: 02.05.2012 Mächtigkeit [m]: 5
Lastfall: Jahresbetrieb GW-Gefälle: 0,002
Entnahmerate [l/s]: 0,3 Durchlässigkeit [m/s]: 0,005
Tage: 10000 Hohlraumanteil [%]: 15
Delta-Temp. [K]: 5 Retardation: 3
Fließrichtung [Grad]: 150
0°: West → Ost, 90°: Süd → Nord
Längsdispersivität [m]: 3,4
Querdispersivität [m]: 0,34
Rechtswert [m]: 3458030,00
Hochwert [m]: 5430972,00
Koordinaten übernehmen von...

Kommentar
zum Test

Isothermen neu berechnen In Karte zeigen Exportieren

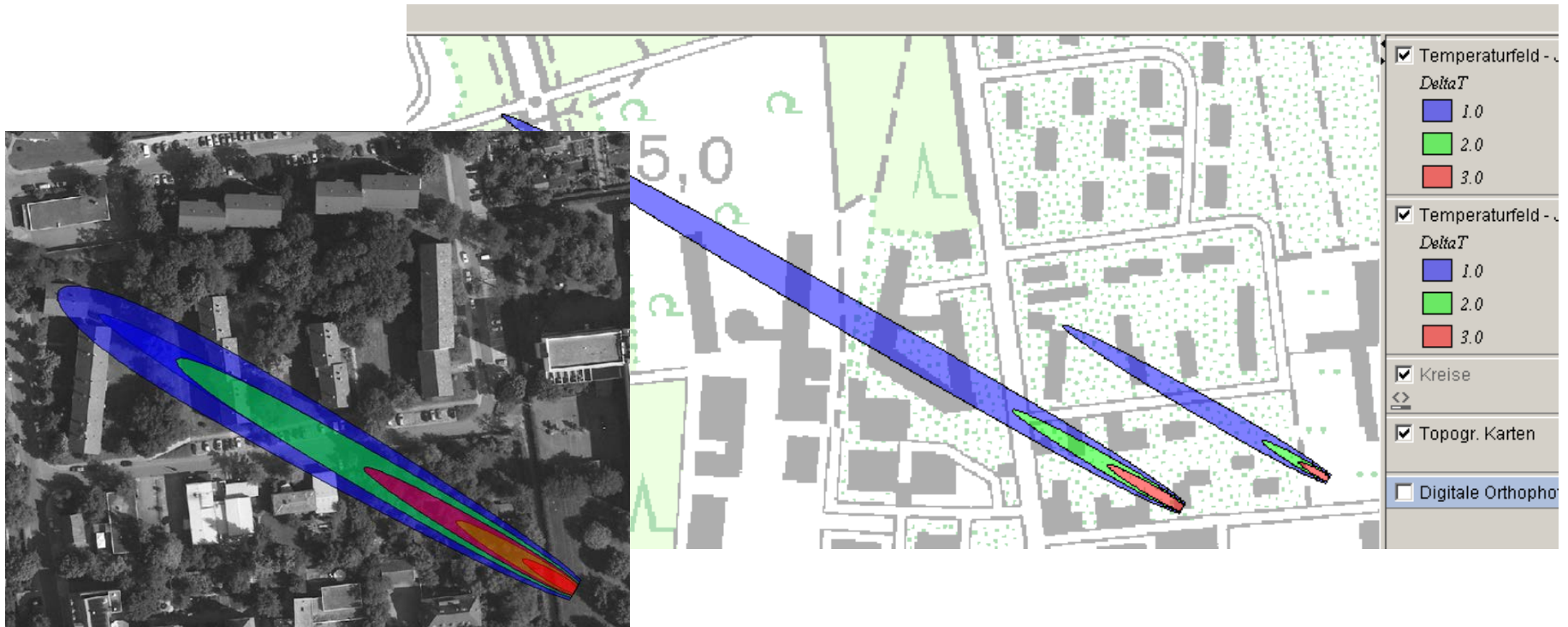
GW-Messort mit Standardbauwerk

OK Abbrechen Übernehmen

Pflichtdaten
Aquiferbeschreibungen
Grundwasserleiter
Gestaltungen
Geothermische Anlage
Temperaturfelder
Verwaltungsinfo
Kommentar
Bilder, Dokumente
WIBAS Zuordnungen
Adressen

Beispiel 1: Temperaturfeldberechnung

- Darstellung der Isothermen in GIS
- Extern berechnete Temperaturfelder können importiert werden (Shapefiles)



Komplexe Auswertungen

Beispiele für die Erstellung von Diagrammen, Karten und Berichten

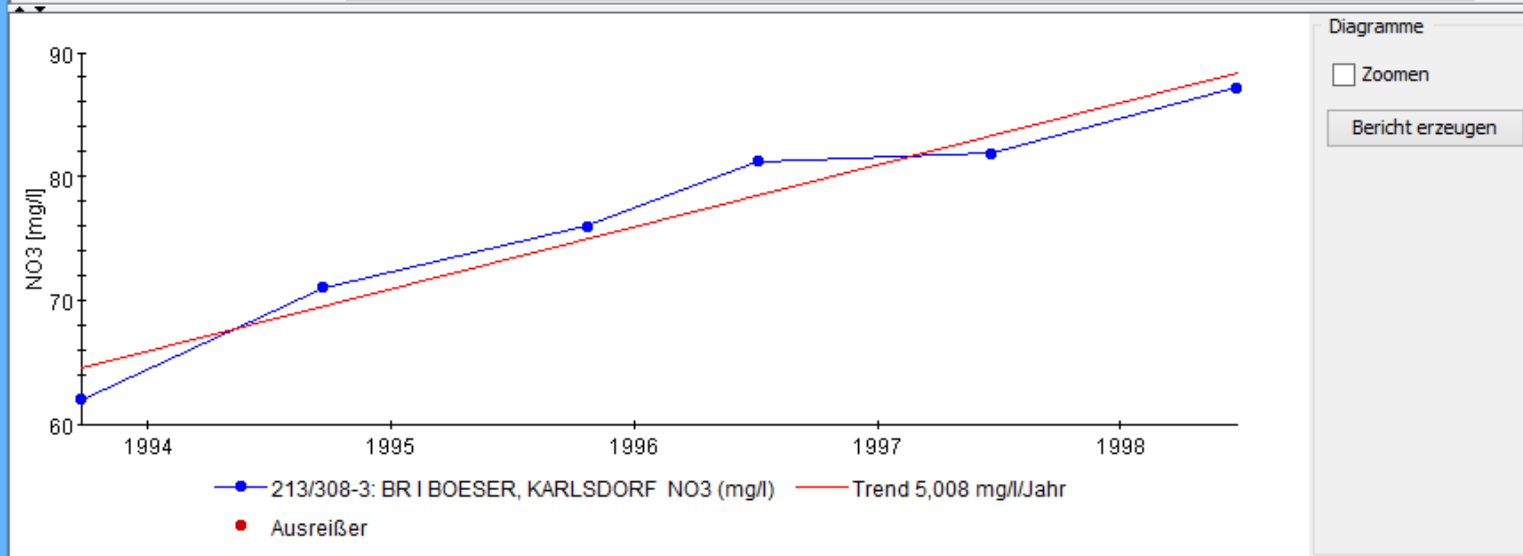
- Stammdaten
 - Temperaturfelder im Bereich Geothermie
- **Qualitative Messwerte**
 - **Trendanalyse nach Grundwasserverordnung**
- Quantitative Messwerte
 - Diagramme für Nass- und Trockenperioden

Beispiel 2: Trendanalyse

- Vorgaben der Grundwasserverordnung
- Überwachung von gefährdeten Grundwasserkörpern
- Ermittlung des Trends für Schadstoff-Konzentration, z.B. Nitratgehalt im Grundwasser
- Gleitende 6-Jahresintervalle → Trend, Trendumkehr ?
- Zulässige Verfahren:
 - Lineare Regression (kleinste Quadrate nach Gauß) mit vorgeschaltetem Ausreißertest
 - Mann-Kendall-Test

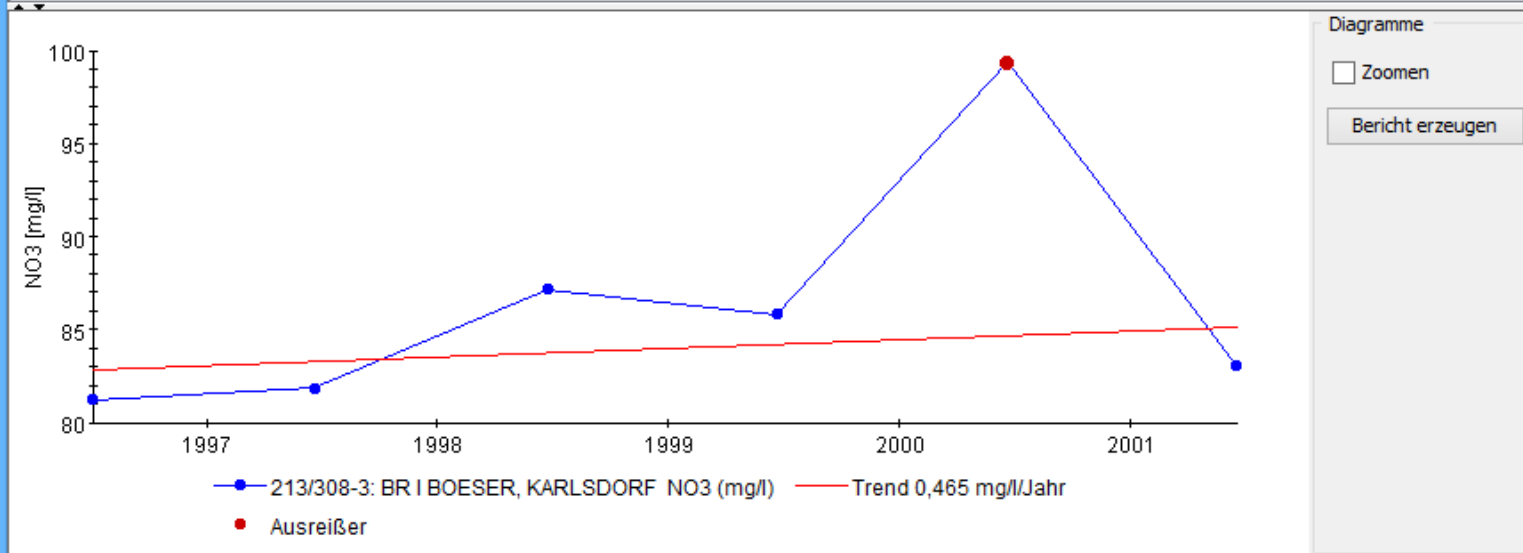
Beispiel 2: Trendanalyse

...	Lineare Regr.	Anzahl berücksichtigt	Ausreißer (99%)	Anzahl verwendet	normalverteilt (95%)	m	r2	Trend signifikant (95%)	Trend	Mann-Kendall	Anzahl verwendet	S	Trend signifikant (95%)	Trend
...		6	0	6	ja	8,2542	0,9791	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	6,4555	0,9483	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	5,0084	0,9491	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	3,2821	0,8897	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	0	6	ja	4,0991	0,8381	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	1	5	ja	0,4645	0,1179	nein	-		6	7	nein	-
...		6	0	6	ja	-0,7411	0,0320	nein	-		6	-3	nein	-
...		6	0	6	ja	-3,3899	0,4467	nein	-		6	-11	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,6170	0,6624	ja	fallend		6	-13	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-6,3379	0,8887	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,5146	0,9716	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,0277	0,9653	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-3,0580	0,8228	ja	fallend		6	-13	ja	fallend



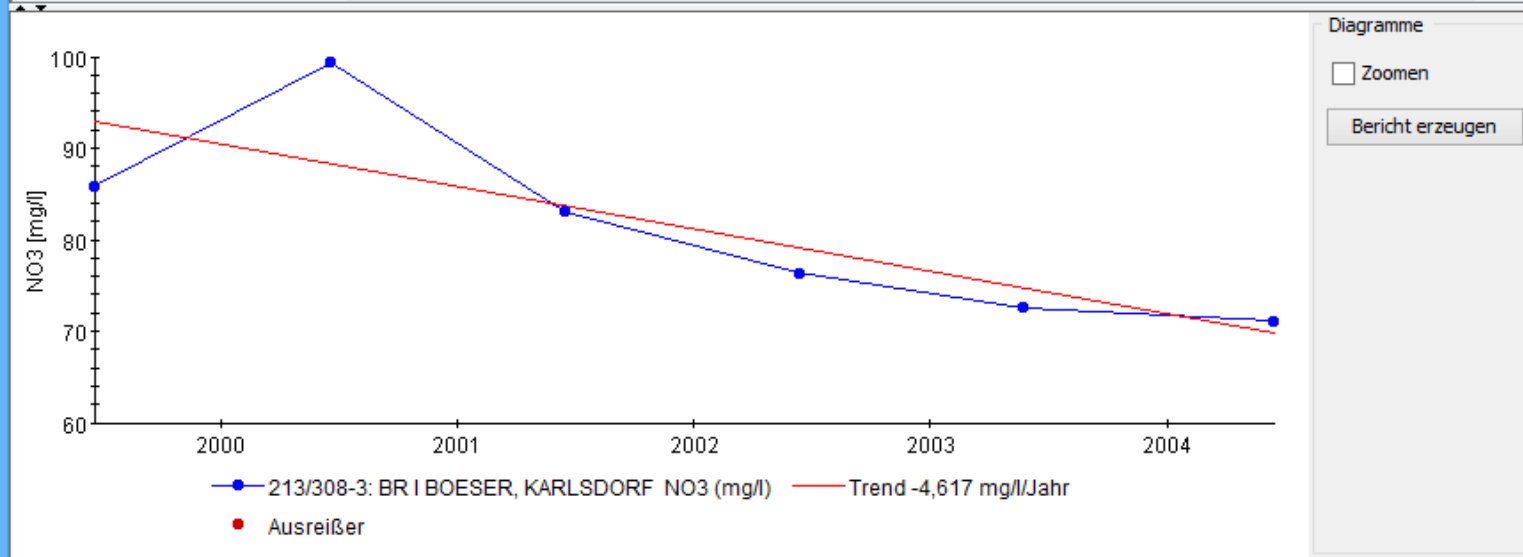
Beispiel 2: Trendanalyse

...	Lineare Regr.	Anzahl berücksichtigt	Ausreißer (99%)	Anzahl verwendet	normalverteilt (95%)	m	r2	Trend signifikant (95%)	Trend	Mann-Kendall	Anzahl verwendet	S	Trend signifikant (95%)	Trend
...		6	0	6	ja	8,2542	0,9791	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	6,4555	0,9483	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	5,0084	0,9491	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	3,2821	0,8897	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	0	6	ja	4,0991	0,8381	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	1	5	ja	0,4645	0,1179	nein	-		6	7	nein	-
...		6	0	6	ja	-0,7411	0,0320	nein	-		6	-3	nein	-
...		6	0	6	ja	-3,3899	0,4467	nein	-		6	-11	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,6170	0,6624	ja	fallend		6	-13	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-6,3379	0,8887	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,5146	0,9716	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,0277	0,9653	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-3,0580	0,8228	ja	fallend		6	-13	ja	fallend



Beispiel 2: Trendanalyse

...	Lineare Regr.	Anzahl berücksichtigt	Ausreißer (99%)	Anzahl verwendet	normalverteilt (95%)	m	r2	Trend signifikant (95%)	Trend	Mann-Kendall	Anzahl verwendet	S	Trend signifikant (95%)	Trend
...		6	0	6	ja	8,2542	0,9791	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	6,4555	0,9483	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	5,0084	0,9491	ja	steigend		6	15	ja	steigend
...		6	0	6	ja	3,2821	0,8897	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	0	6	ja	4,0991	0,8381	ja	steigend		6	13	ja	steigend
...		6	1	5	ja	0,4645	0,1179	nein	-		6	7	nein	-
...		6	0	6	ja	-0,7411	0,0320	nein	-		6	-3	nein	-
...		6	0	6	ja	-3,3899	0,4467	nein	-		6	-11	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,6170	0,6624	ja	fallend		6	-13	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-6,3379	0,8887	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,5146	0,9716	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-4,0277	0,9653	ja	fallend		6	-15	ja	fallend
...		6	0	6	ja	-3,0580	0,8228	ja	fallend		6	-13	ja	fallend



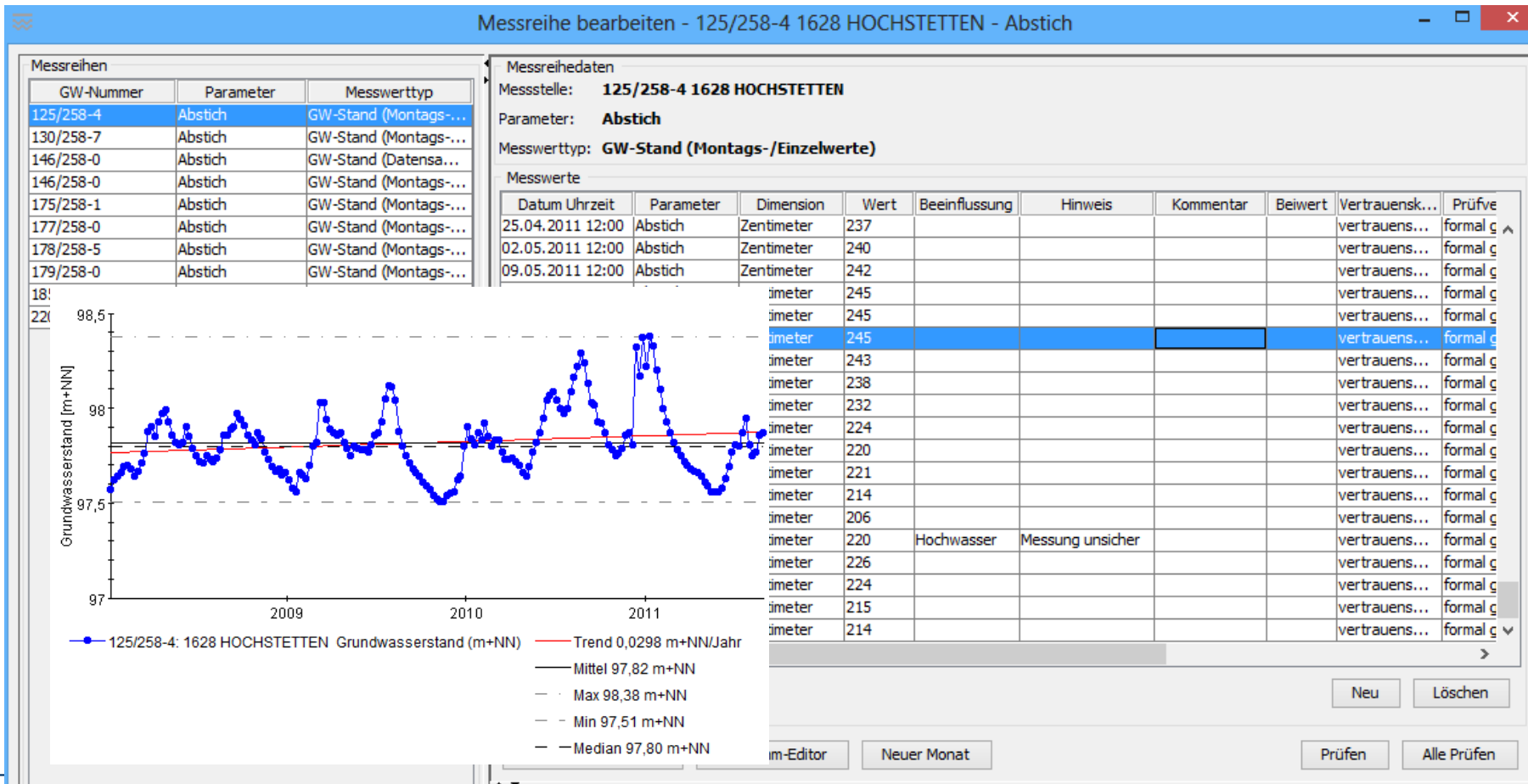
Komplexe Auswertungen

Beispiele für die Erstellung von Diagrammen, Karten und Berichten

- Stammdaten
 - Temperaturfelder im Bereich Geothermie
- Qualitative Messwerte
 - Trendanalyse nach Grundwasserverordnung
- **Quantitative Messwerte**
 - **Diagramme für Nass- und Trockenperioden**

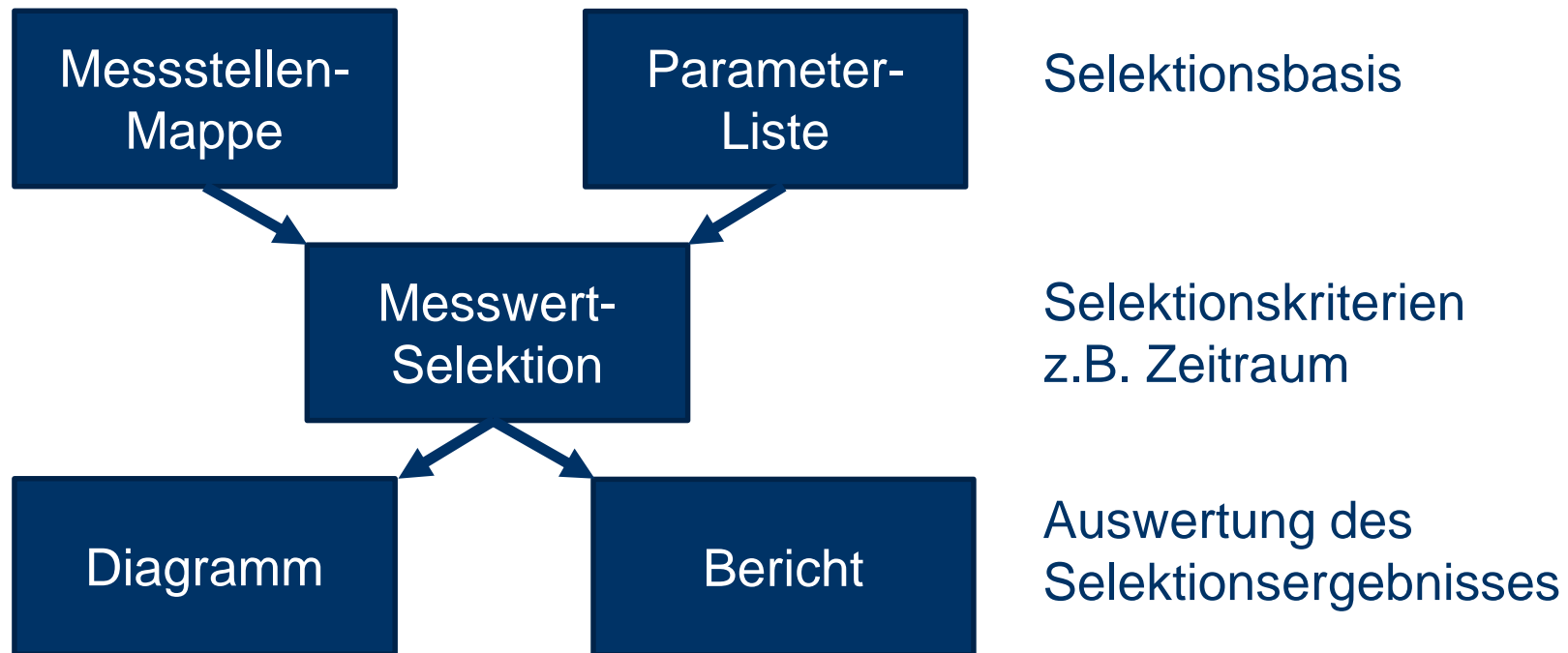
Beispiel 3: Diagramme

- Einfache Zeitreihen-Darstellung nicht ausreichend



Beispiel 3: Diagramme

- Komplexe Diagramme basieren auf benutzerdefinierten Objekten



Beispiel 3: Diagramme

Diagramm-Assistent

Grundeinstellung

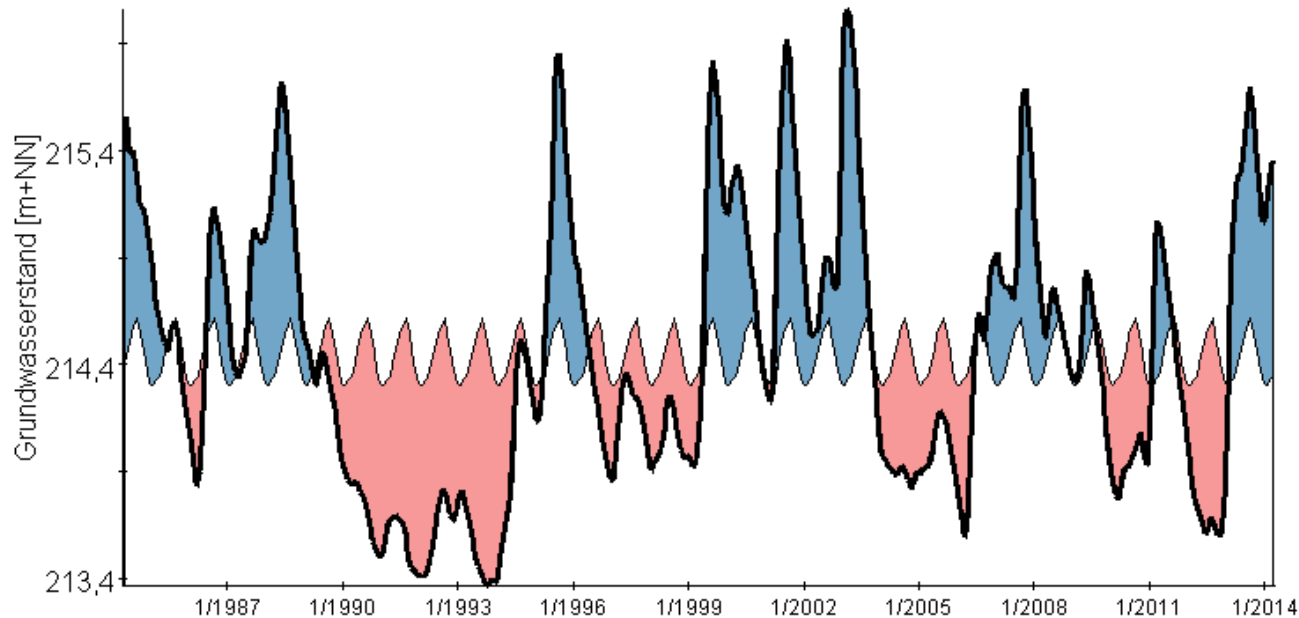
BDO Name: Diagramm Art:

1. Überschrift: Breite (Pixel):

2. Überschrift: Höhe (Pixel):

Kurven:

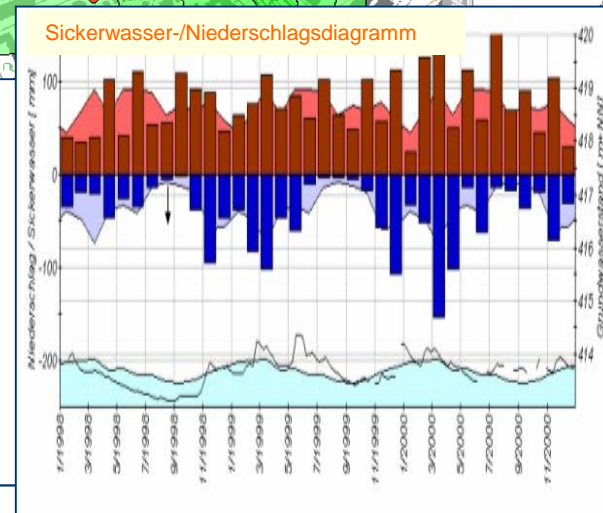
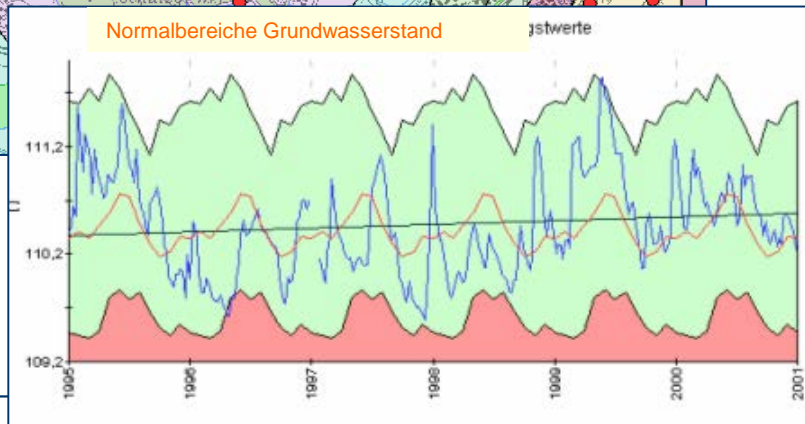
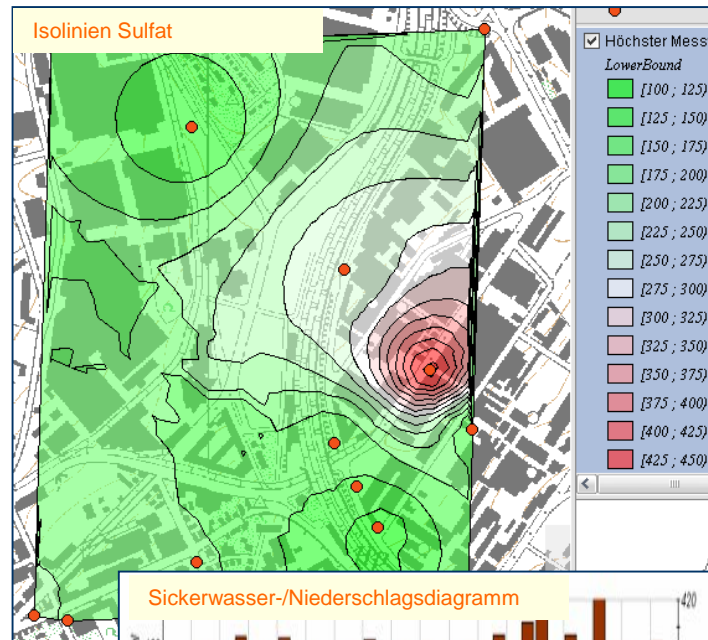
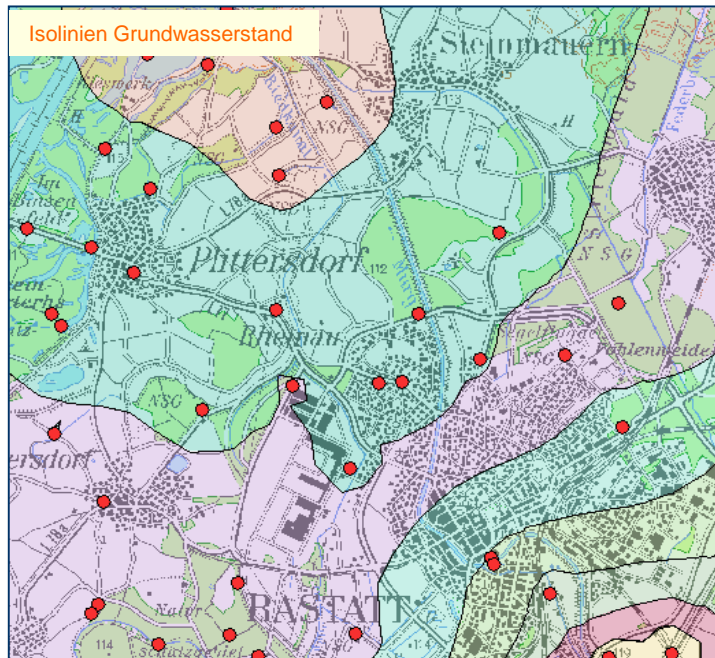
Achse Nr.	Art	Selektion	Messort	Parameter	Darstellung	Trend	langjährig	Statistik	Zeitraum
1	Menge	selektierte Mengemesswerte...	110/022-3 ...	Abstich	Flächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mittelwert	Monat
1	Menge	selektierte Mengemesswerte...	110/022-3 ...	Abstich	Flächen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mittelwert	Monat
min 1	Minimum				Flächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		



Nass- und
Trockenperioden

Beispiel 3: Diagramme

Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg



Zusammenfassung / Ausblick

- Maßgeschneiderte Fachanwendung zur optimalen Unterstützung typischer Aufgaben im Anwendungsbereich
- Kontinuierliche Weiterentwicklung koordiniert durch die LUBW
- Aktuelle Themen u.a.
 - Überarbeitung der Web-Service-Schnittstelle zum LGRB-Bohrarchiv
 - Erweiterung des externen Erfassungsprogramms GWDB-Editor
 - Mobile Erfassung von Grundwasserdaten per Smartphone-App
 - Umstellung auf zentrale Datenbank → Mandantenfähigkeit der Anwendung