



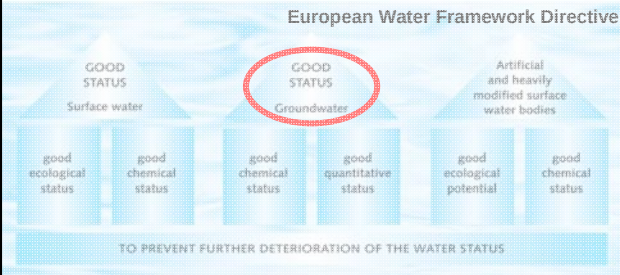



Integrative Bewertung und Prognose der verfügbaren Grundwassermenge auf der regionalen Skala unter Berücksichtigung des Globalen Wandels

Roland Barthel,
Jungwissenschaftlergruppe Grundwasserhydraulik und Grundwasserwirtschaft, Institut für
Wasserbau, Universität Stuttgart



Motivation

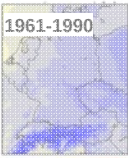


Erstmalige Bewertung

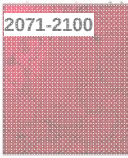
↓

Guter Zustand 2015

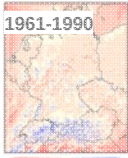
Wintertemperaturen



Winterniederschläge



Sommerniederschläge

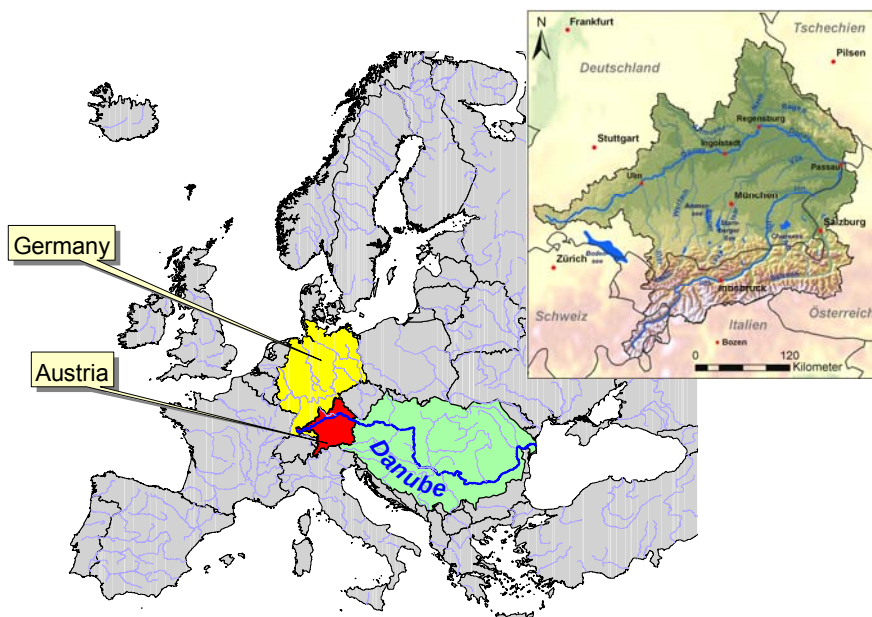


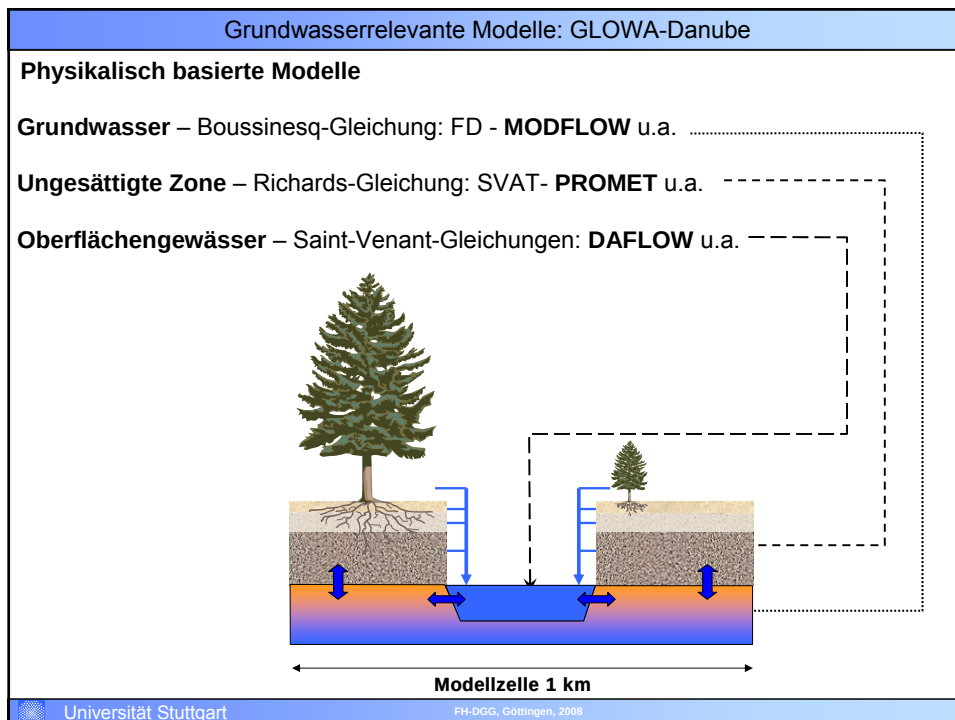
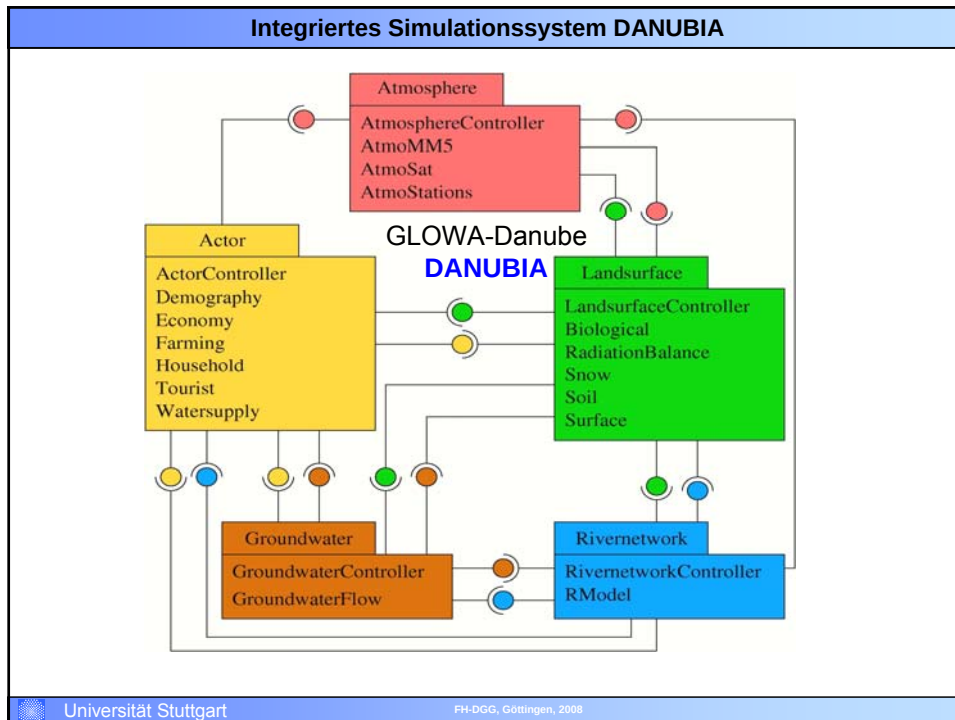
aus: Künftige Klimaänderungen in Deutschland –Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert, Hintergrundpapier, April 2006 (UBA, MPI)

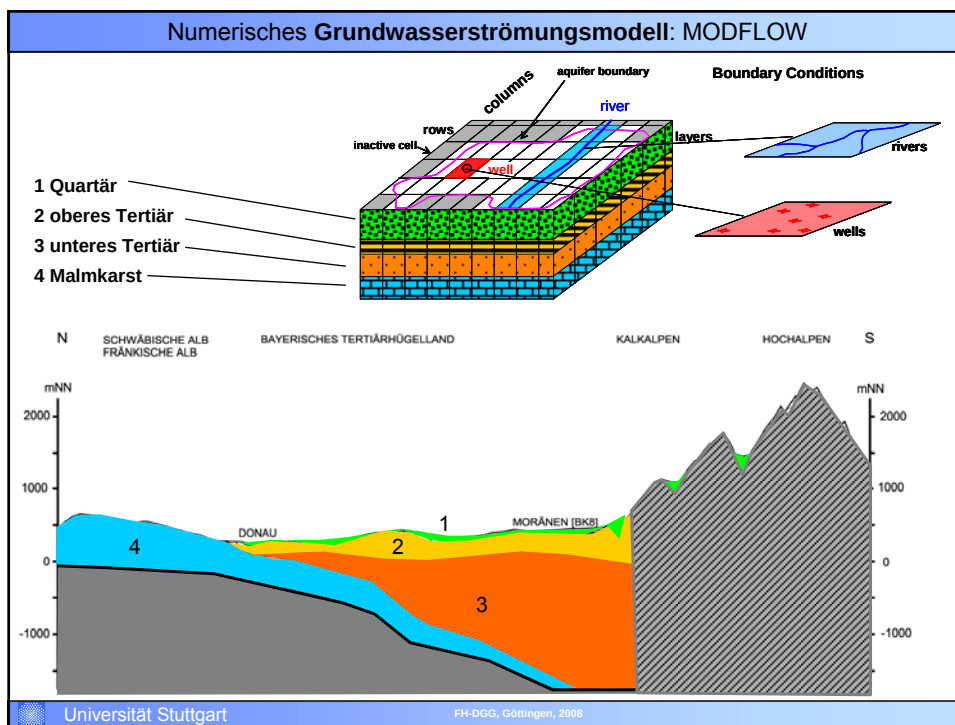
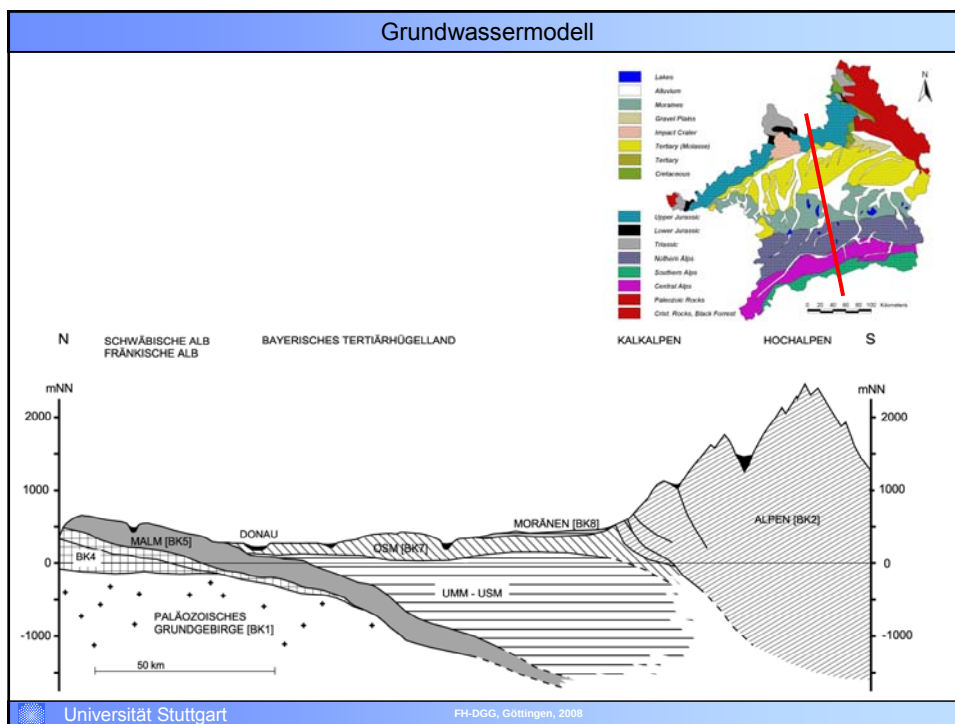
- ⇒ Auswertung von **Beobachtungen** (Poster Jan van Heyden)
- ⇒ **Modelle** für die Prognose zukünftiger Entwicklungen
- ⇒ **Entscheidungsunterstützung**: Wo, wann, wie intervenieren?

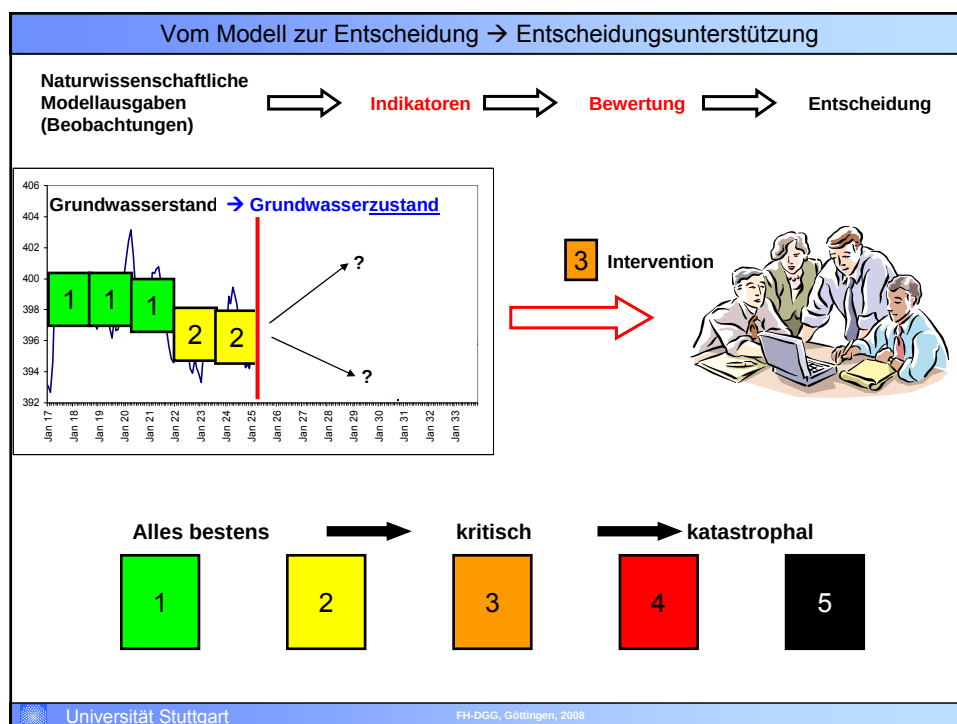
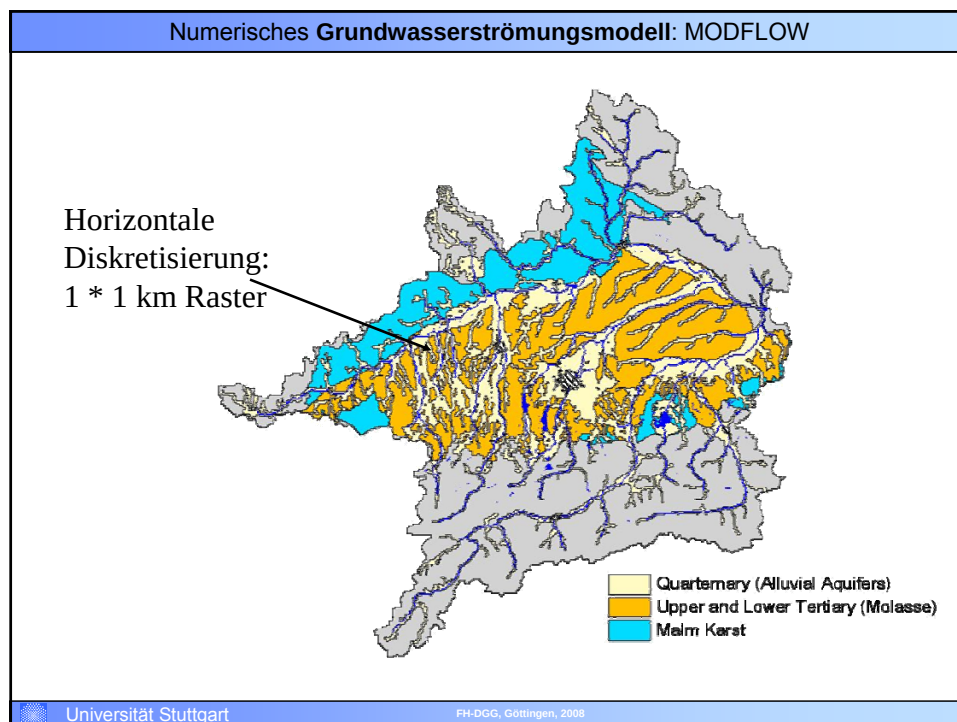
Universität Stuttgart
FH-DGG, Göttingen, 2008

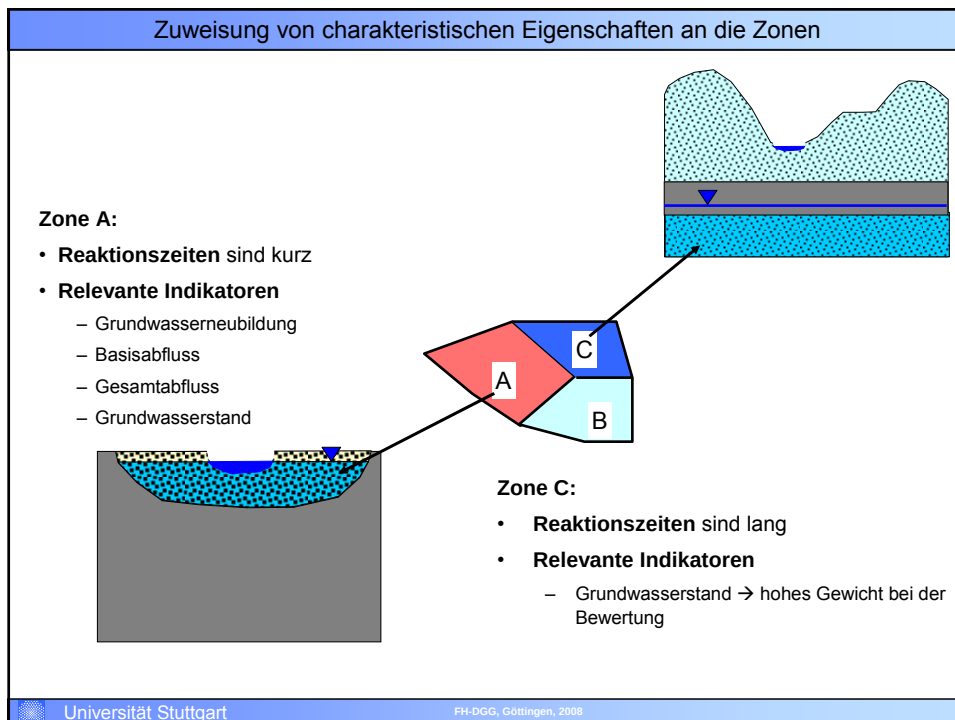
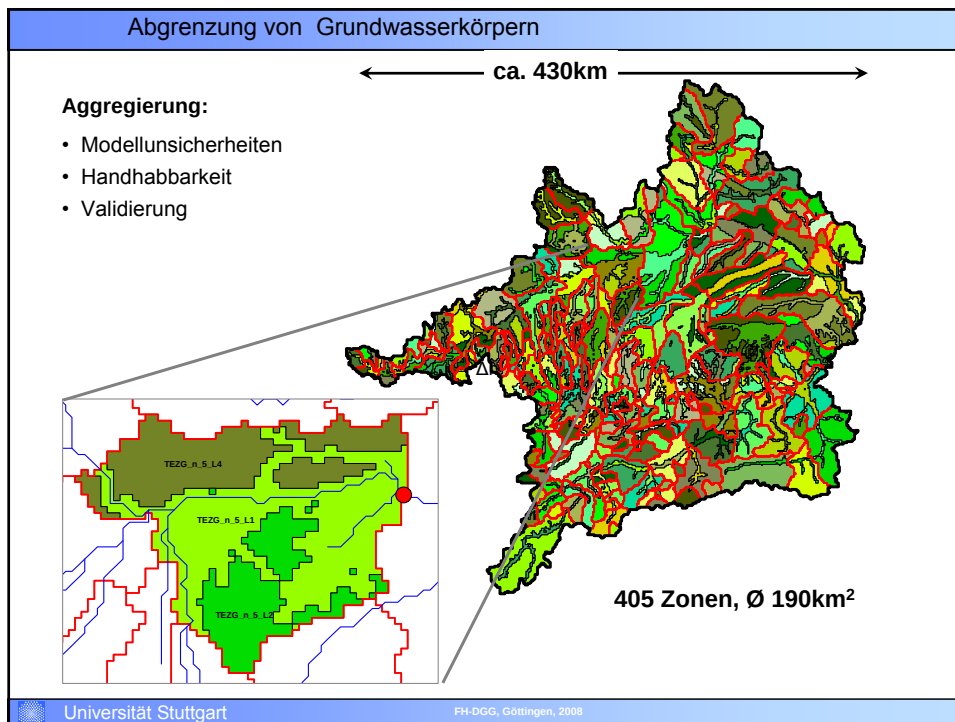
- **Global Change-Auswirkungen auf den Wasserkreislauf im oberen Donaeinzugsgebiet**
- **Entscheidungs-Unterstützungs-System 'DANUBIA'**
- **Integrierter / Interdisziplinärer Ansatz:** 12 Gruppen aus unterschiedlichen Disziplinen
- **Teilprojekt Grundwasser und Wasserversorgung IWS Stuttgart:**
 - Grundwasserströmungsmodell und ein Modul für Stickstofftransport und –Abbau im GW
 - Akteursmodell der Wasserversorgung
 - Koordination der Integration und der sozioökonomischen Modellentwicklung
 - Human Capacity Building (im Rahmen des internationalen Studiengangs WAREM)

Einzugsgebiet der Oberen Donau (77 000 km²)



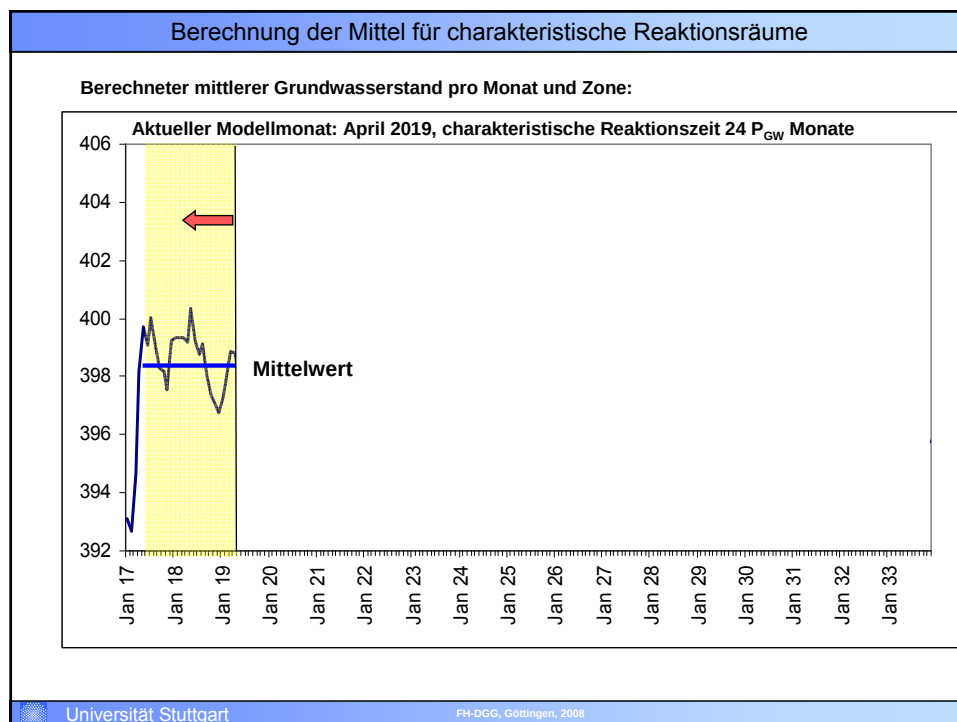
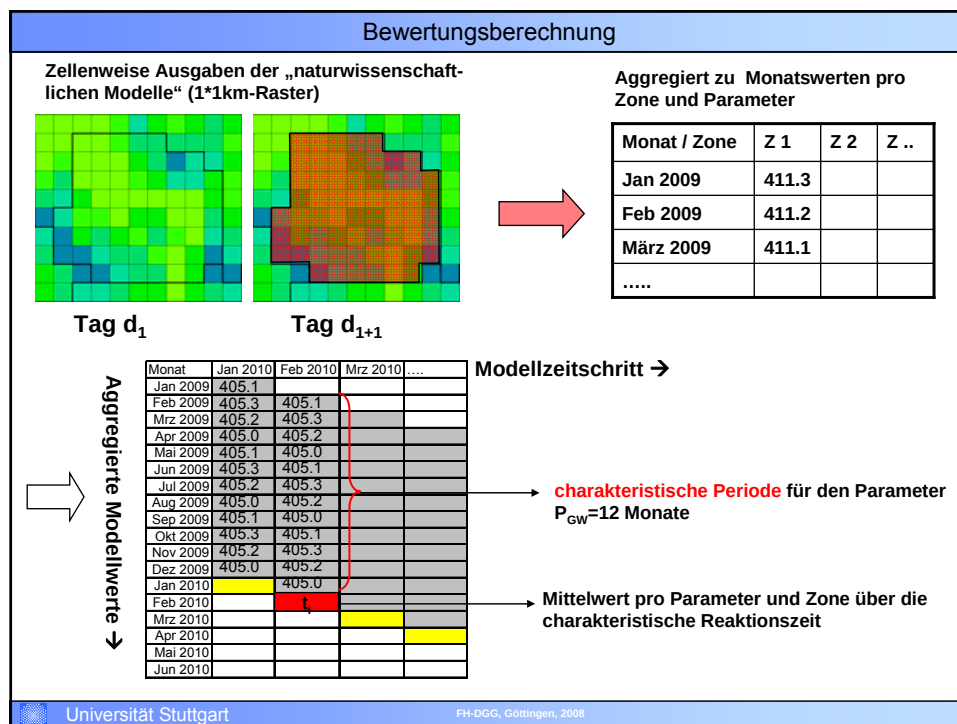






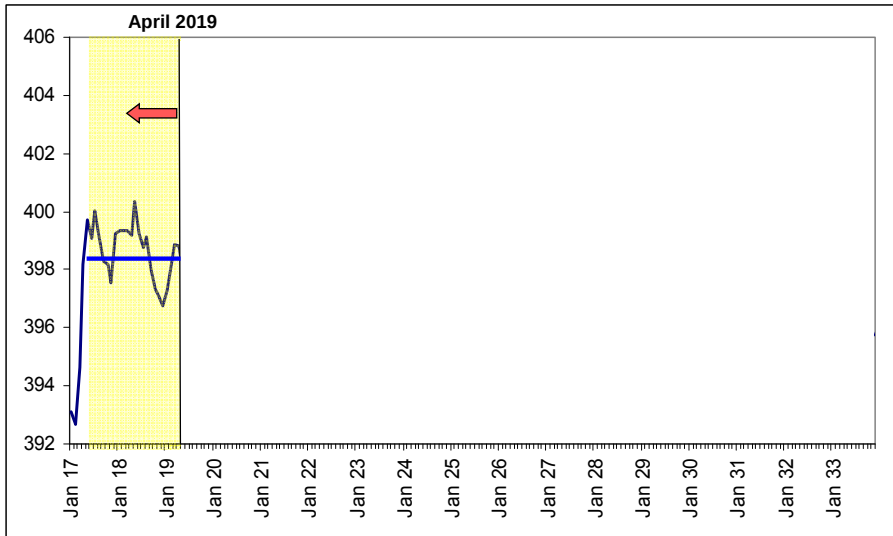
Initialisierung: Parameterzuweisung an die Zonen																																
Grundwasserneubildung <table> <tr> <th>Zone</th><th>Charakteristische Reaktionszeit</th><th>Gewicht</th></tr> <tr> <td>Zone 1</td><td>9 Monate</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>Zone 2</td><td>24 Monate</td><td>0.3</td></tr> <tr> <td>Zone 3</td><td>60 Monate</td><td>0.2</td></tr> <tr> <td>.....</td><td></td><td></td></tr> </table> Grundwasserstand <table> <tr> <th>Zone</th><th>Charakteristische Reaktionszeit</th><th>Gewicht</th></tr> <tr> <td>Zone 1</td><td>12 Monate</td><td>0.1</td></tr> <tr> <td>Zone 2</td><td>24 Monate</td><td>0.3</td></tr> <tr> <td>Zone 3</td><td>60 Monate</td><td>0.8</td></tr> <tr> <td>.....</td><td></td><td></td></tr> </table>			Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht	Zone 1	9 Monate	0.5	Zone 2	24 Monate	0.3	Zone 3	60 Monate	0.2				Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht	Zone 1	12 Monate	0.1	Zone 2	24 Monate	0.3	Zone 3	60 Monate	0.8			
Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht																														
Zone 1	9 Monate	0.5																														
Zone 2	24 Monate	0.3																														
Zone 3	60 Monate	0.2																														
.....																																
Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht																														
Zone 1	12 Monate	0.1																														
Zone 2	24 Monate	0.3																														
Zone 3	60 Monate	0.8																														
.....																																
Basisabfluss <table> <tr> <th>Zone</th><th>Charakteristische Reaktionszeit</th><th>Gewicht</th></tr> <tr> <td>Zone 1</td><td>6 Monate</td><td>0.3</td></tr> <tr> <td>Zone 2</td><td>9 Monate</td><td>0.2</td></tr> <tr> <td>Zone 3</td><td>24 Monate</td><td>0</td></tr> <tr> <td>.....</td><td></td><td></td></tr> </table> Gerinneabfluss <table> <tr> <th>Zone</th><th>Charakteristische Reaktionszeit</th><th>Gewicht</th></tr> <tr> <td>Zone 1</td><td>2 Monate</td><td>0.1</td></tr> <tr> <td>Zone 2</td><td>8 Monate</td><td>0.2</td></tr> <tr> <td>Zone 3</td><td>15 Monate</td><td>0</td></tr> <tr> <td>.....</td><td></td><td></td></tr> </table>			Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht	Zone 1	6 Monate	0.3	Zone 2	9 Monate	0.2	Zone 3	24 Monate	0				Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht	Zone 1	2 Monate	0.1	Zone 2	8 Monate	0.2	Zone 3	15 Monate	0			
Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht																														
Zone 1	6 Monate	0.3																														
Zone 2	9 Monate	0.2																														
Zone 3	24 Monate	0																														
.....																																
Zone	Charakteristische Reaktionszeit	Gewicht																														
Zone 1	2 Monate	0.1																														
Zone 2	8 Monate	0.2																														
Zone 3	15 Monate	0																														
.....																																
Universität Stuttgart FH-DGG, Göttingen, 2008																																

Berechnungsparameter		
Parameter	Bedeutung	Wird abgeleitet aus
Initialwerte, statische Aquifereigenschaften	Wie groß ist das Veränderungspotential	T, S
Charakteristische Reaktionszeit	Wie lange muss ein Parameter beobachtet werden um eine signifikante Veränderung feststellen zu können	- Grundwasserflurabstand - Transmissivität der Deckschichten [m²/s] - hydraulische Diffusivität $D=T/S$ [m²/s] des Aquifers
Gewichte	Welche Bedeutung hat der jeweilige Indikator für die Betrachtung eines bestimmten Grundwasserkörpers	- Anbindung an Fließgewässer - Deckschichtenaufbau
Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg jeweils 30 Jahre		
Universität Stuttgart FH-DGG, Göttingen, 2008		



Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume

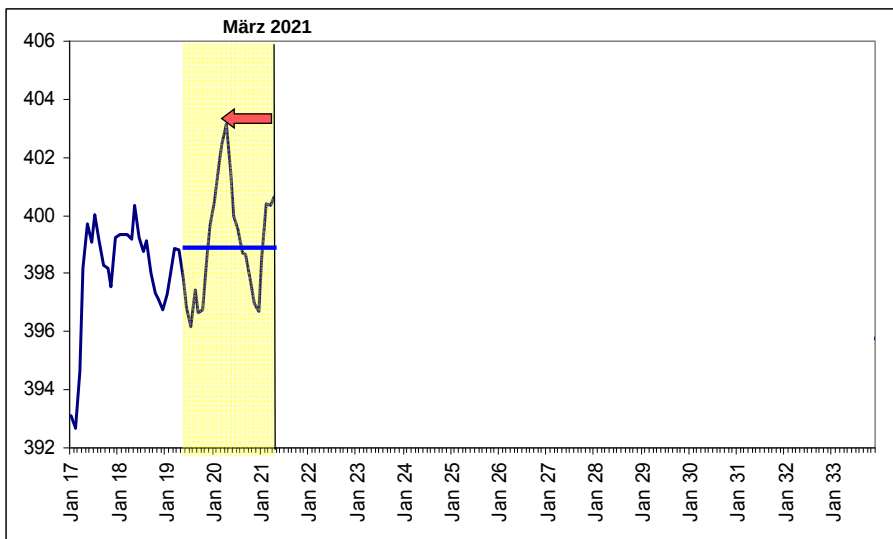
Berechneter mittlerer Grundwasserstand pro Monat und Zone:



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

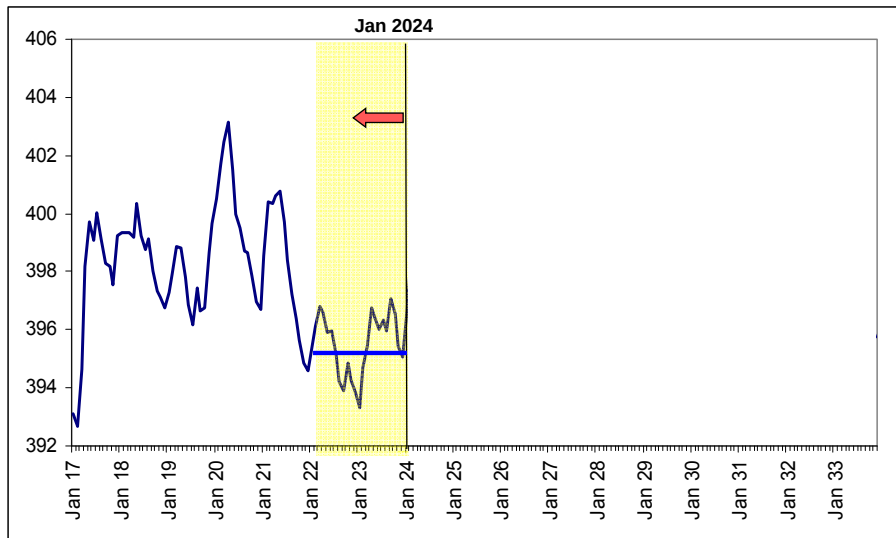
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

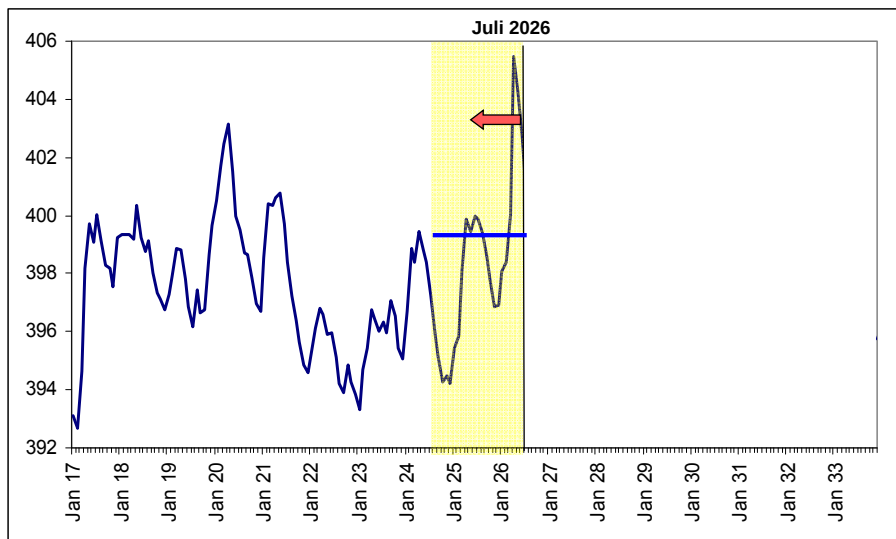
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

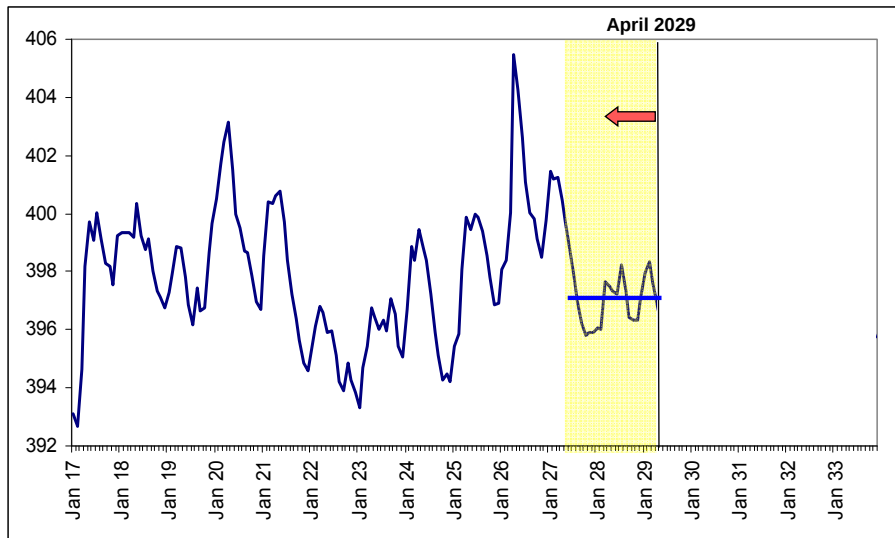
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

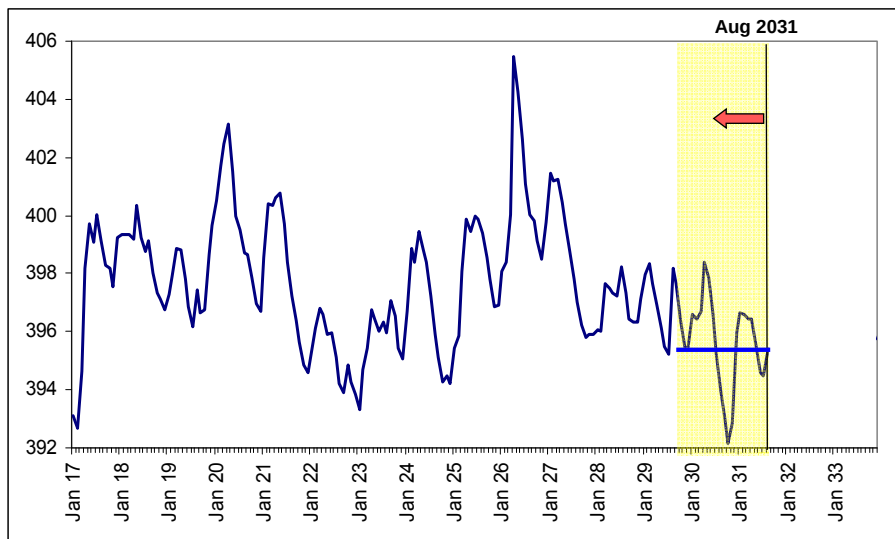
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

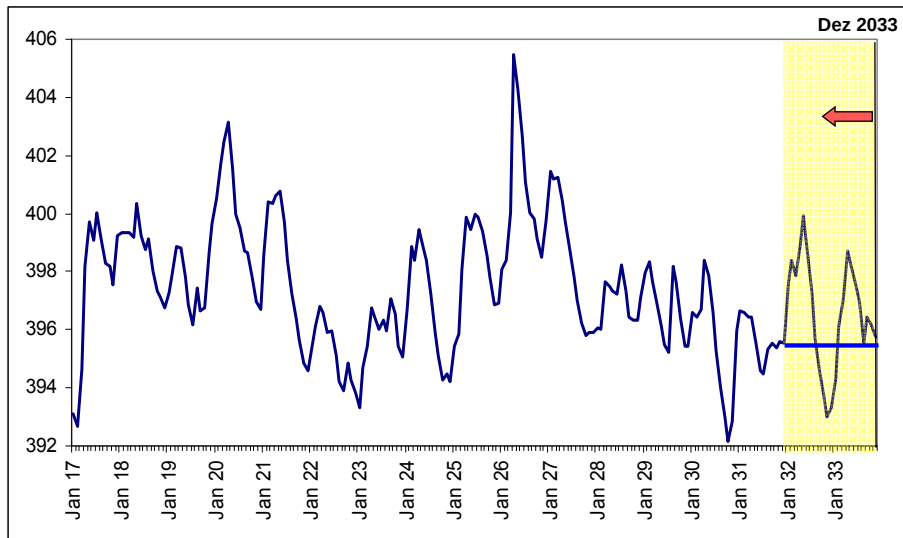
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

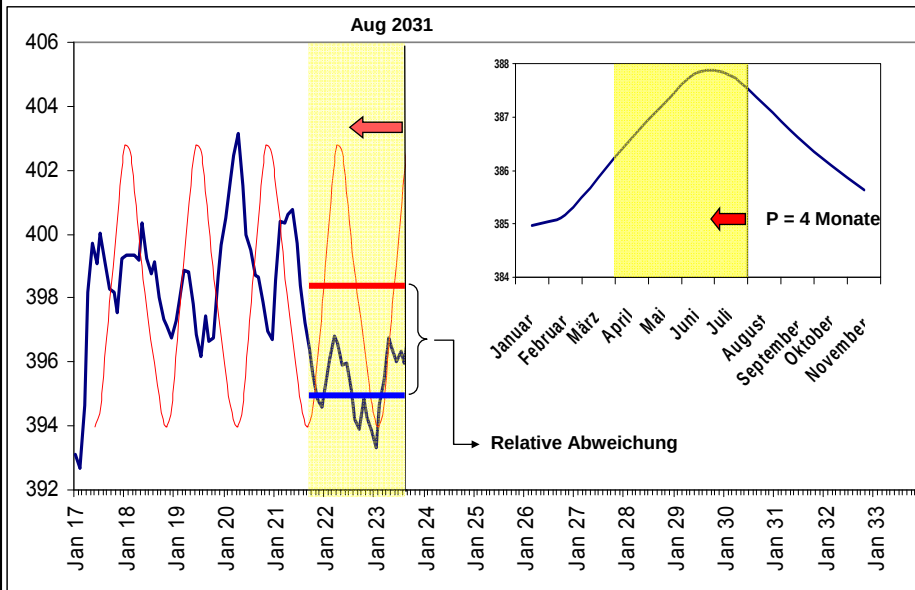
Berechnung der Mittel für charakteristische Reaktionsräume



Universität Stuttgart

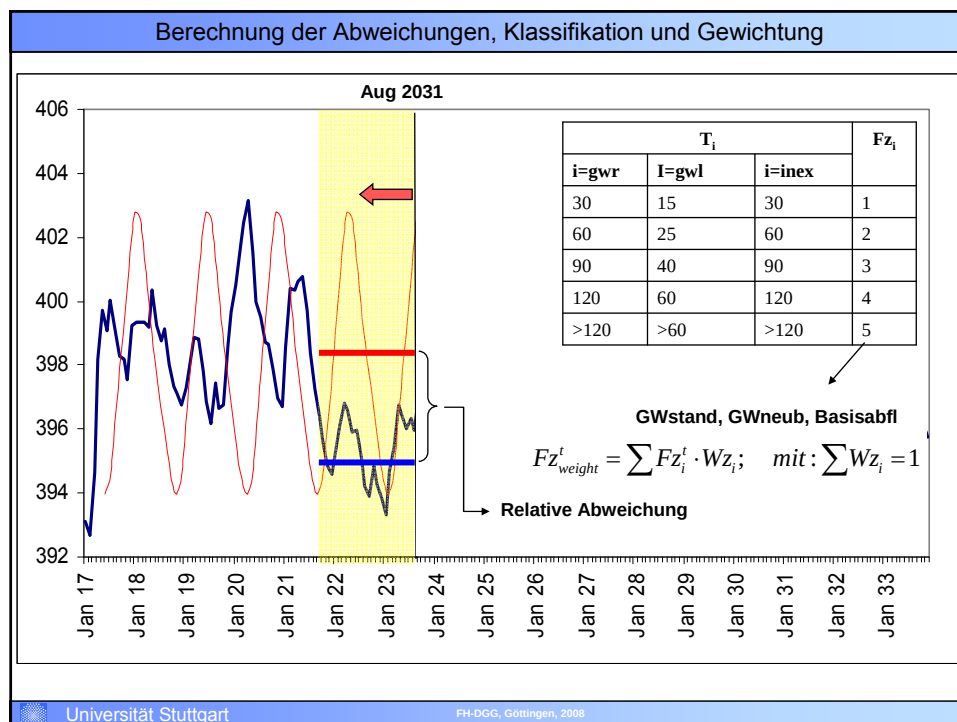
FH-DGG, Göttingen, 2008

Berechnung der Abweichungen, Klassifikation und Gewichtung



Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008



Bewertungsmodell: Grundgleichungen

$$\left. \begin{aligned} Iz_i^{P^t} &= \frac{1}{P_{Z_i}} \sum_{t=P_{Z_i}}^t \sum_{c=1}^{C_z} Ic_i^t; \quad \text{where: } i = (\text{gwr, inex, rdis}) \\ Iz_i^{P^t} &= \frac{1}{P_{Z_i}} \sum_{t=P_{Z_i}}^t \frac{1}{C_z} \sum_{c=1}^{C_z} Ic_i^t; \quad \text{where: } i = (\text{gwl}) \end{aligned} \right\} 1$$

Aggregation über Zonen und charakteristische Reaktionszeiträume für jeden Parameter (Neubildung, Grundwasserstand, Gerinneabfluss, Basisabfluss)

$$\left. \begin{aligned} Iz_{ref_i}^{P^t} &= \sum_{t=P_{Z_i}}^t Iz_{longterm_i}^{month^t}; \quad \text{where: } i = (\text{gwr, gwl, inex, rdis}) \\ \text{if } P_z &= (12, 24, \dots) \Rightarrow Iz_{ref_i}^{P^t} = Iz_{ref_i}^{P^t} \end{aligned} \right\} 2$$

Berechnung der Referenzwerte für äquivalente Zeiträume aus dem Referenzzeitraum 1970-2003 für jeden Parameter

$$\left. \begin{aligned} \Delta Iz_i^t &= \left(1 - \frac{Iz_i^{P^t}}{Iz_{ref_i}^{P^t}} \right) * 100; \quad \text{where: } i = (\text{gwr, inex, rdis}) \\ \Delta Iz_i^t &= (-1) \left(\frac{Iz_i^{P^t} - Iz_{ref_i}^{P^t}}{\max Iz_{longterm_i}^{P^t} - \min Iz_{longterm_i}^{P^t}} \right) * 100; \quad \text{where: } i = (\text{gwl}) \end{aligned} \right\} 3$$

Berechnung der Abweichung Ist-Zustand Referenzzustand für jeden Parameter

$$\Delta Iz_i^t < \max\{T_i | i = (\text{gwr, gwl, inex, rdis})\} \Rightarrow Fz_i^t$$

T _i			Fz _i
i=gwr	i=gwl	i=inex	
30	15	30	1
60	25	60	2
90	40	90	3
120	60	120	4
>120	>60	>120	5

}

4

Klassifikation der Abweichungen für jeden Parameter

$$Fz_{weight}^t = \sum_{IND} Fz_i^t \bullet Wz_i; \quad \text{where: } \sum Wz_i = 1$$

5

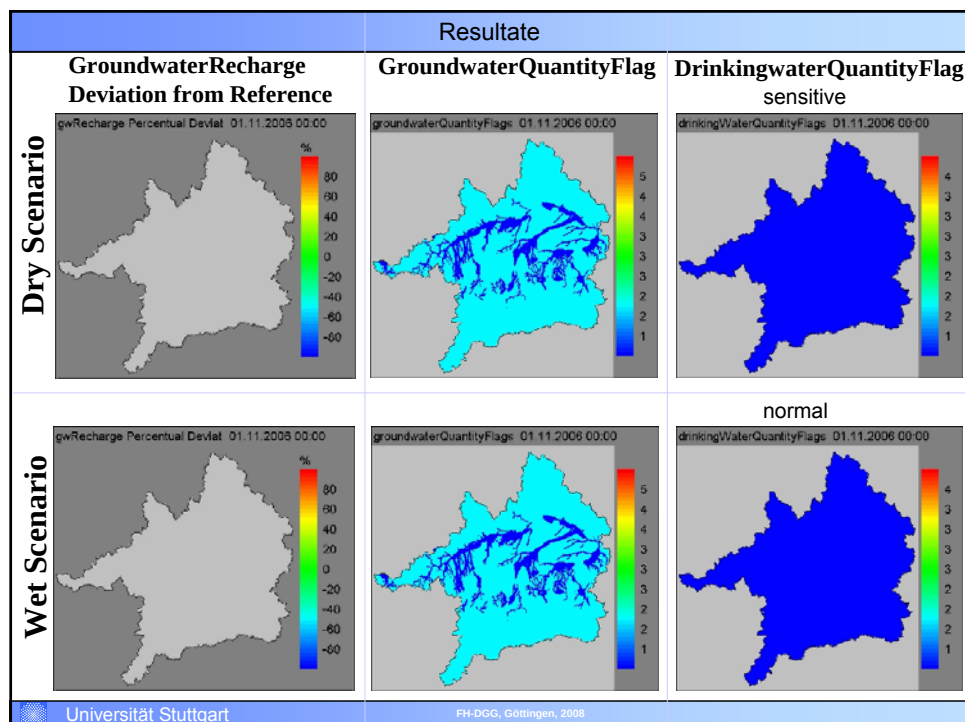
Berechnung der gewichteten Gesamtbewertung

....

Universität Stuttgart

FH-DGG, Göttingen, 2008

Entscheidend	
	• Festlegung der Gültigkeit der Bewertung: Geeignete Abgrenzung von Grundwasserkörpern → WRRL !! • Festlegung geeigneter Berechnungsparameter: Geeignete Charakterisierung von Grundwasserkörpern → WRRL !! • Bestimmung von Reaktionstypen: Prozessverständnis Klima-Grundwassersystem → Klimawandel !! • Validierung: Nur über Expertenwissen
Universität Stuttgart	FH-DGG, Göttingen, 2008





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!