

**„Klima-Wasser-Kooperation zur
Anpassung des Trinkwasserge-
winnungsgebietes Ahlde an den
Klimawandel“ (KliWaKo)**

3. PAG Sitzung 29.10.2019

**„ Modellierung der
Grundwasserströmung “**

**Dr. Andreas Matheja
Dipl.-Ing. M. Meinken**

Bilanzraum und Gebietsabgrenzung

Vertikaler und horizontaler Aufbau

Räumliche Diskretisierung (horizontal und vertikal)

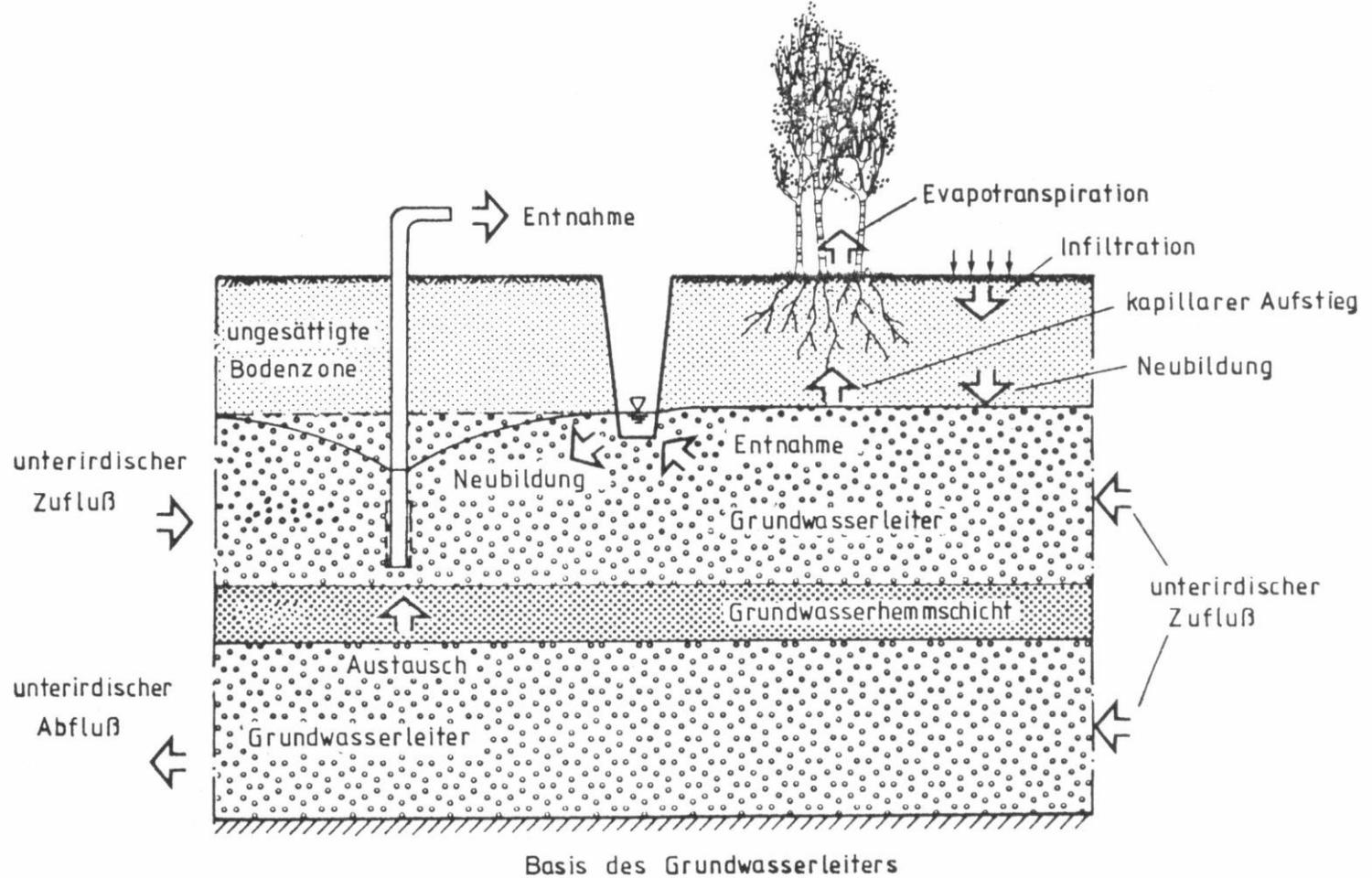
Grundgleichung (Bilanzgleichung)

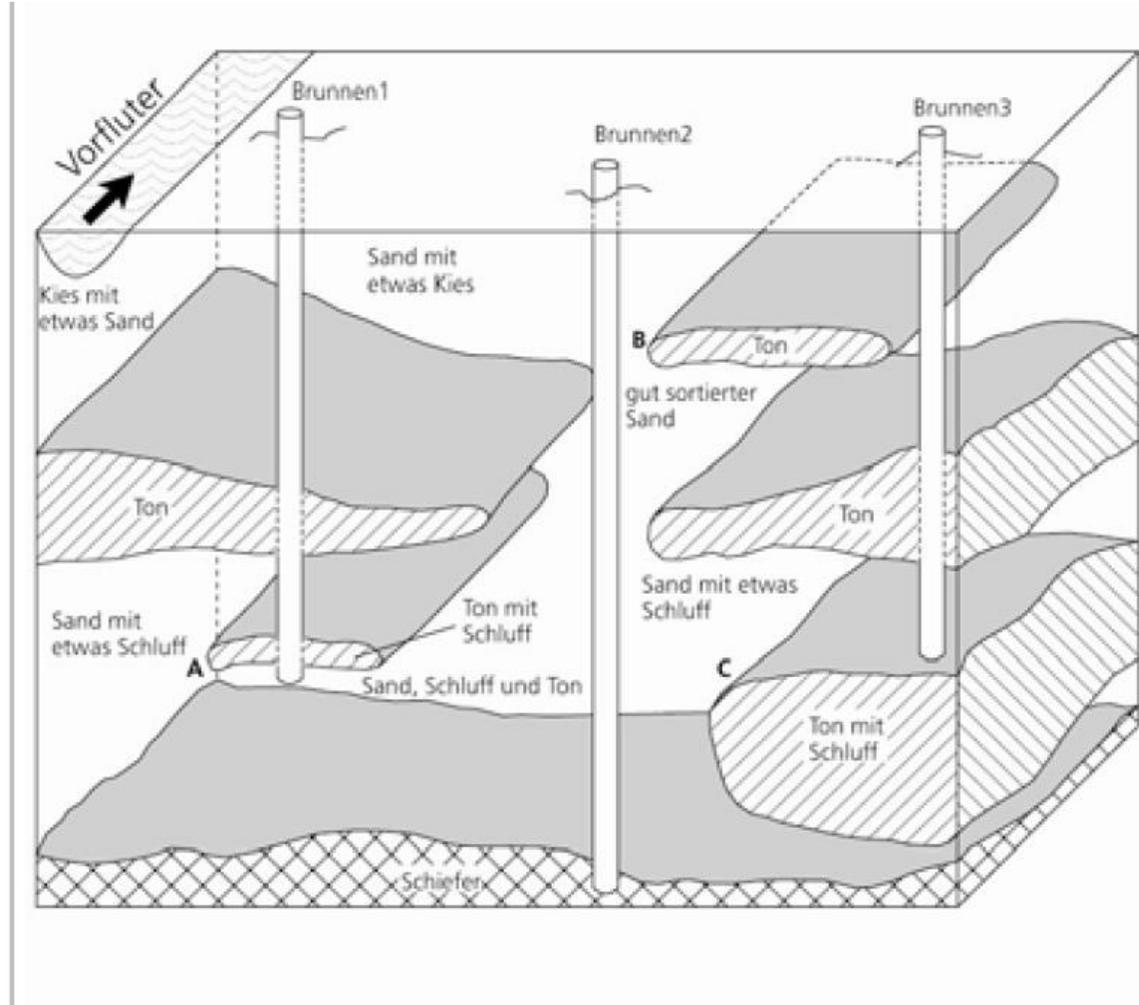
Anbindung der Oberflächengewässer

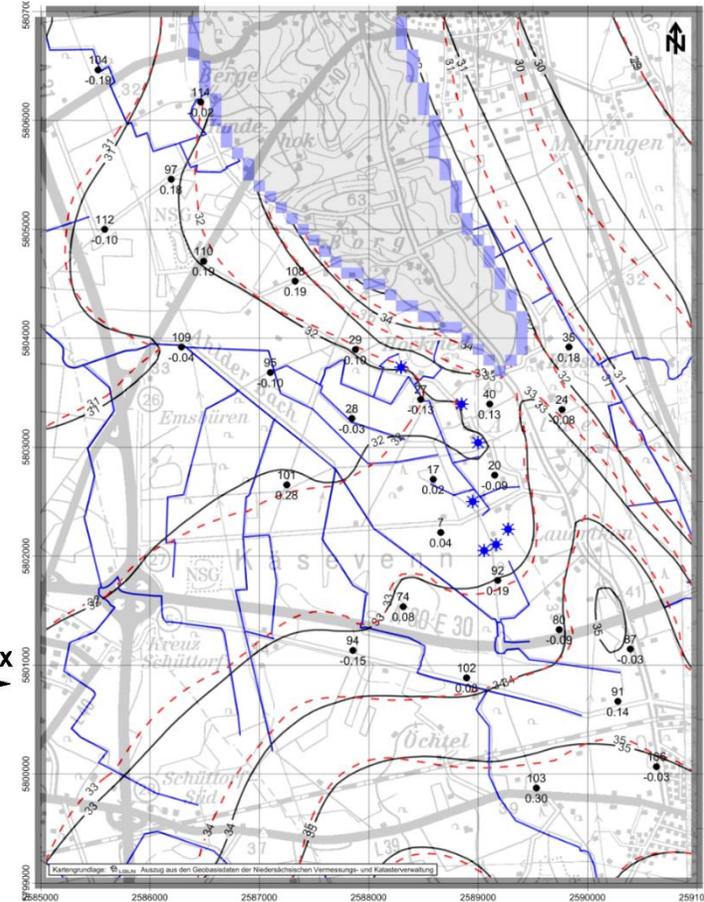
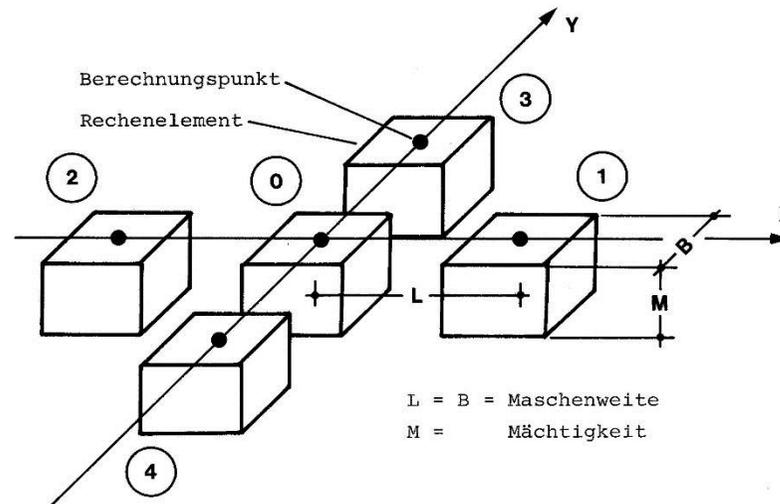
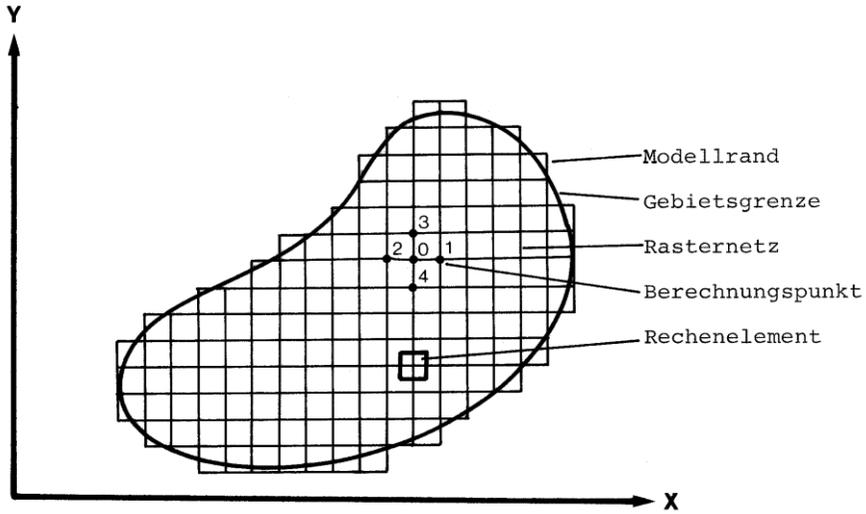
Sonderfall: Instationäre Simulation

Anfangsbedingungen und Randbedingungen

Kalibrierung des Modells

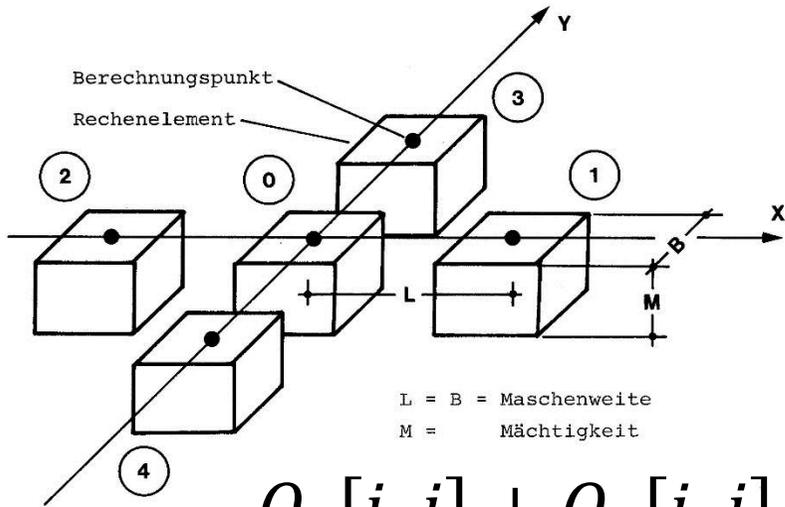






Räumliche Diskretisierung





L = B = Maschenweite
M = Mächtigkeit

$$Q_1[i, j] + Q_2[i, j] + Q_3[i, j] + Q_3[i, j]$$

$$= S[i, j] + Q_{inf}[i, j] + Q_{pump}[i, j] + Q_{neu}[i, j]$$

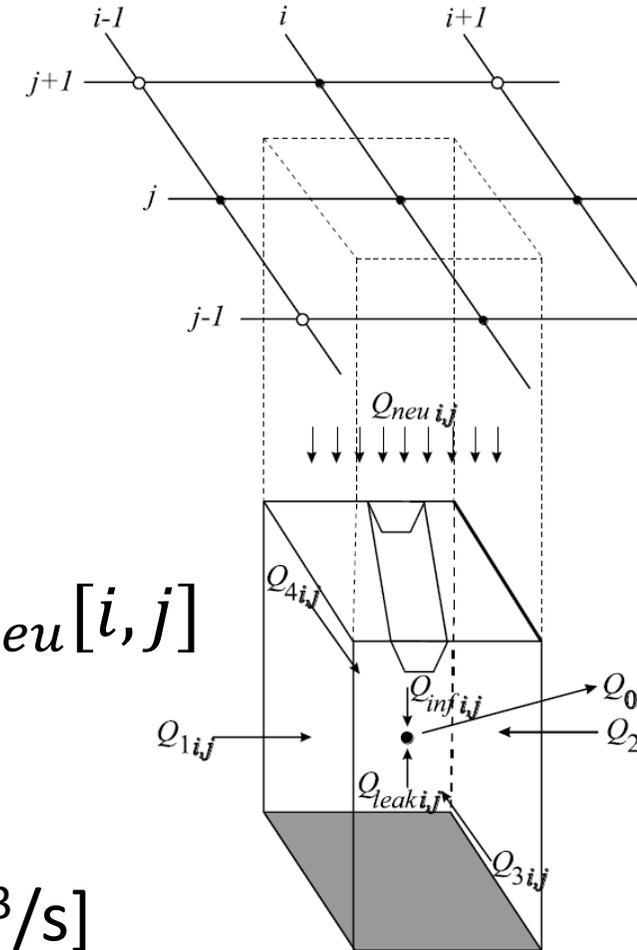
$Q_1[i, j]$ Durchfluss durch Seite 1 [m³/s]

$S[i, j]$ Speicherung [m³/s]

$Q_{inf}[i, j]$ In-/Exfiltration aus Gewässern [m³/s]

$Q_{pump}[i, j]$ Pumpmenge [m³/s]

$Q_{neu}[i, j]$ Grundwasserneubildung [m³/s]



Grundgleichung / Bilanzgleichung

$$Q_1[i, j] = v_1[i, j] \times A_1[i, j]$$

Fließgesetz (Darcy):

$$v_1[i, j] = k_{fx}[i, j] \times (h[i - 1, j] - h[i, j]) / \Delta x[i, j]$$

$Q_1[i, j]$ Durchfluss [m³/s]

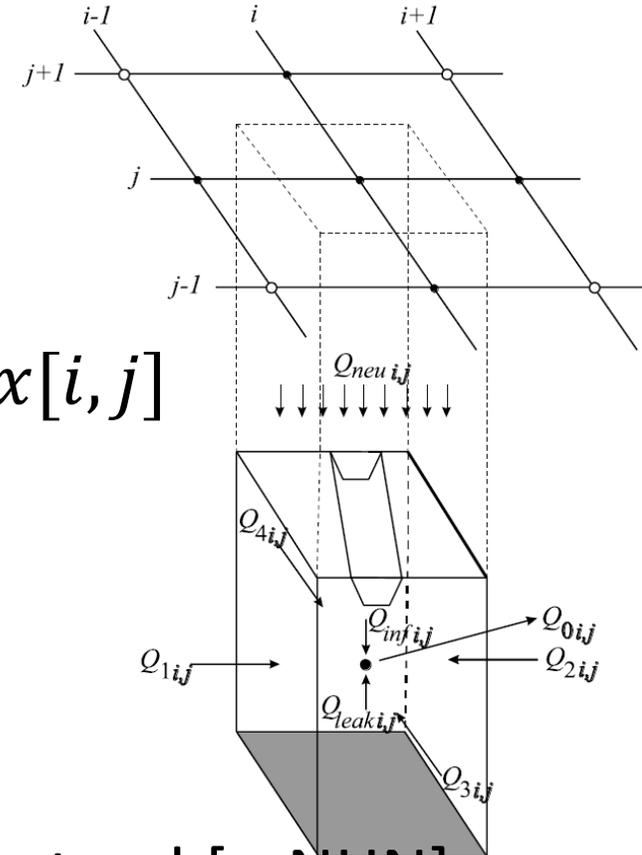
$v_1[i, j]$ Filtergeschwindigkeit [m/s]

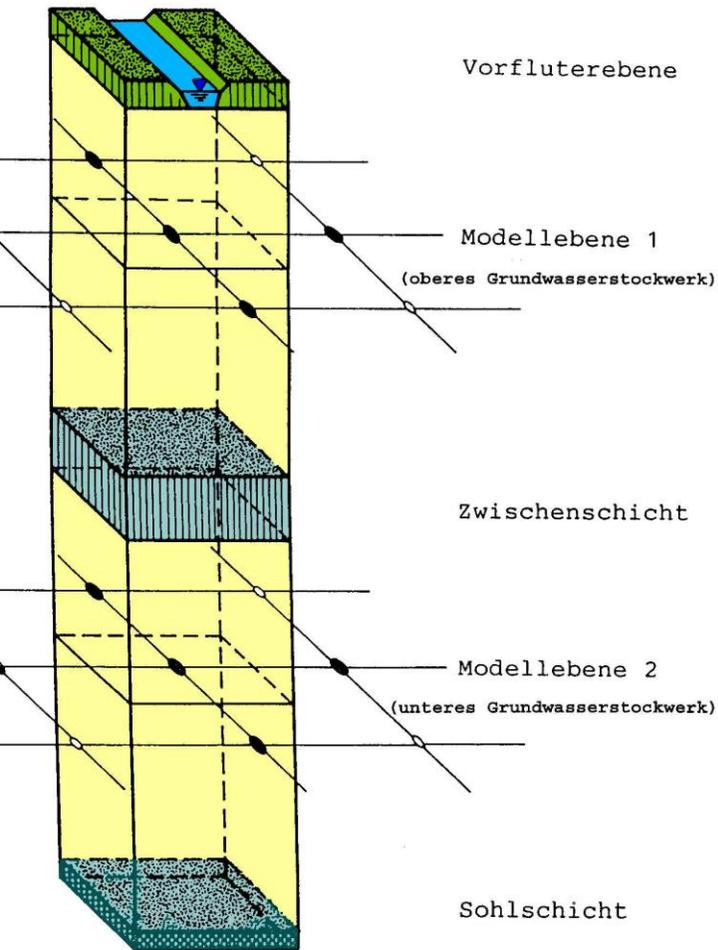
$A_1[i, j]$ durchflossene Fläche [m²]

$k_{fx}[i, j]$ Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

$h[i, j]$ Piezometerhöhe = Grundwasserstand [mNHN]

$\Delta x[i, j]$ Zellabmessung in x-Richtung [m]





$$Q_1[i, j] + Q_2[i, j] + Q_3[i, j] + Q_3[i, j] + Q_5[i, j] + Q_6[i, j] = 0$$

x-Richtung: Q1 und Q3

y-Richtung: Q2 und Q4

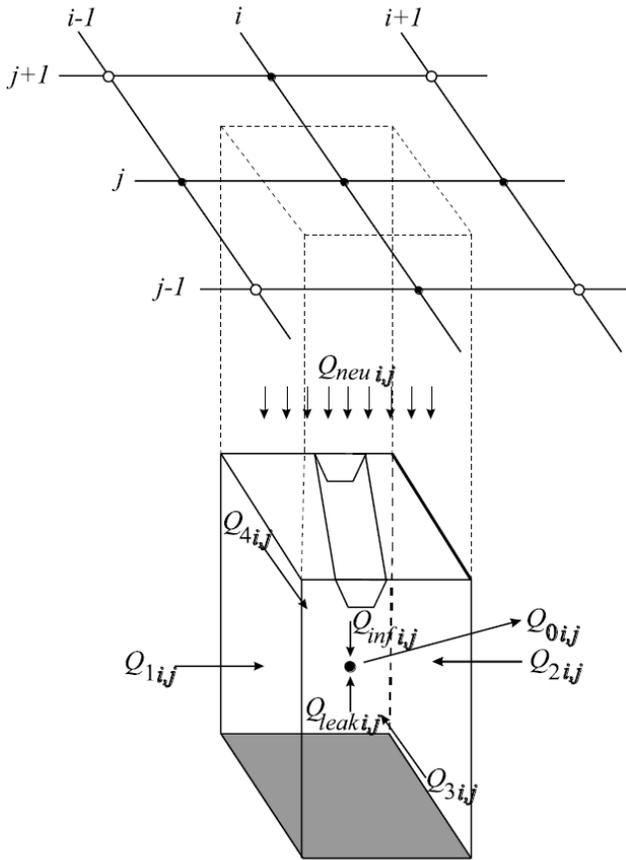
z-Richtung: Q5 und Q6

Q_{pump} in der jeweiligen Schicht

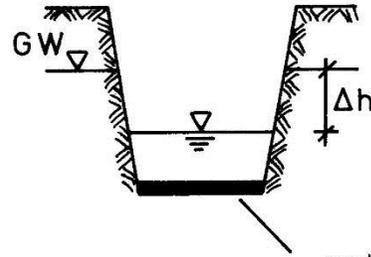
Q_{inf} in der jeweils oberen Schicht

Q_6 in der jeweils unteren Schicht = 0

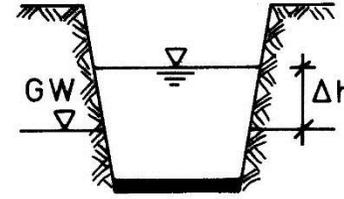
Q_5 in der jeweils oberen Schicht = 0



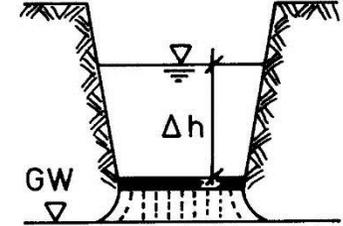
1) Exfiltration



2) Infiltration



3) Infiltration



modellwirksame Gewässersohle

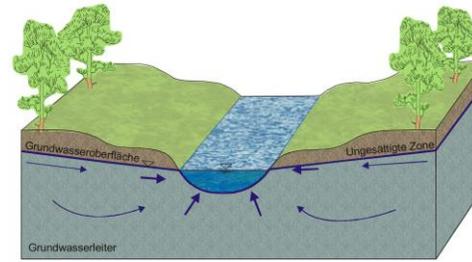


Bild 2: GW-OW-Interaktionen bei einem Fließgewässerabschnitt mit Zustrom von Grundwasser (nach WINTER et al. 1998)

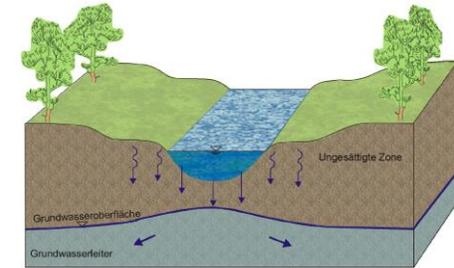


Bild 4: Vorgang der Seilwasserbildung (nach WINTER et al. 1998)

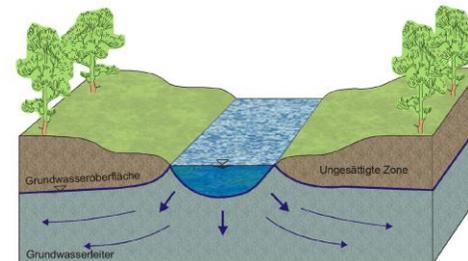
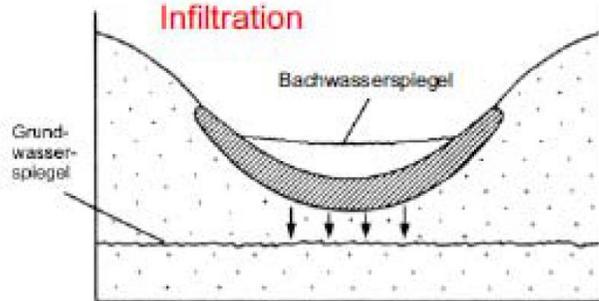
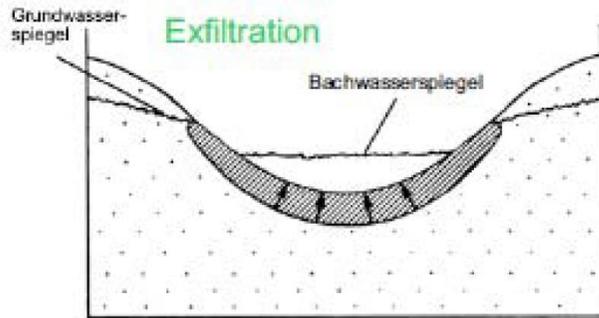


Bild 3: GW-OW-Interaktionen bei einem Fließgewässerabschnitt mit Uferfiltration (nach WINTER et al. 1998)





$$Q_{inf}[i, j] = CRIV[i, j] \times (W[i, j] - h[i, j])$$

$W[i, j]$ Wasserstand im Gewässer [mNHN]

$h[i, j]$ Piezometerhöhe =
Grundwasserstand [mNHN]

$$Q_{inf}[i, j] = CRIV[i, j] \times (W[i, j] - BOT[i, j])$$

$BOT[i, j]$ Höhe der Gewässersohle [mNHN]

$$CRIV[i, j] = K[i, j] \times W[i, j] \times L[i, j] / M[i, j]$$

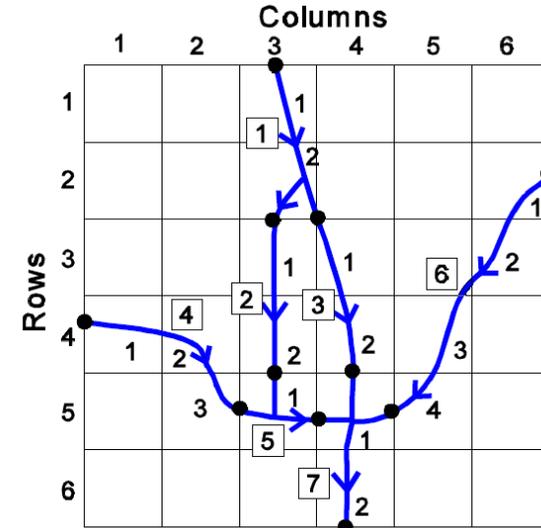
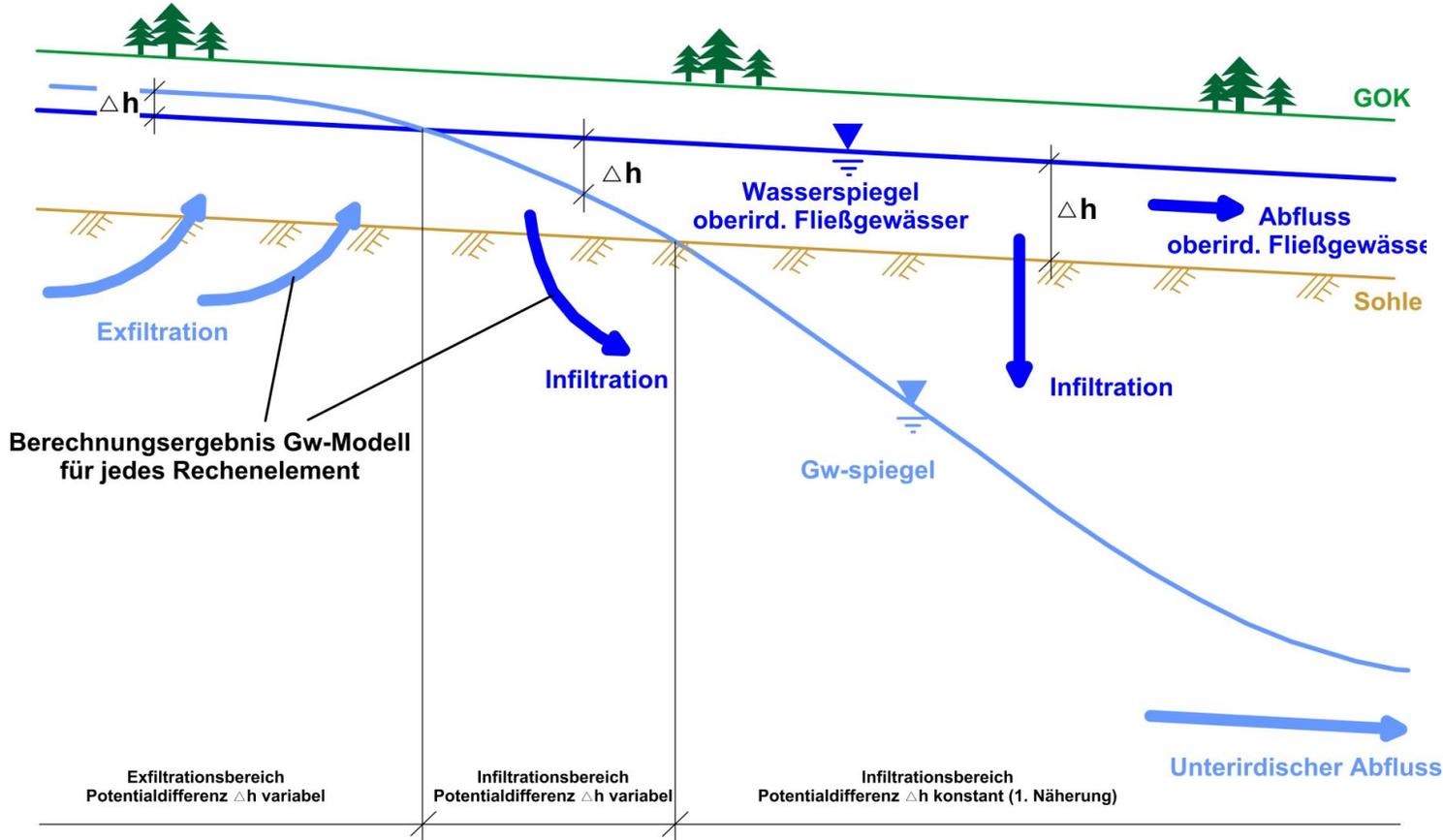
M Mächtigkeit [m]

K Hydraulische Durchlässigkeit [m/s]

L Länge [m]

W Breite des Gewässers [m]





Sonderfall: Instationäre Simulation = alles wird zeitabhängig, z.B. Jahresgang

$$Q_{1,t}[i,j] = v_{1,t}[i,j] \times A_{1,t}[i,j]$$

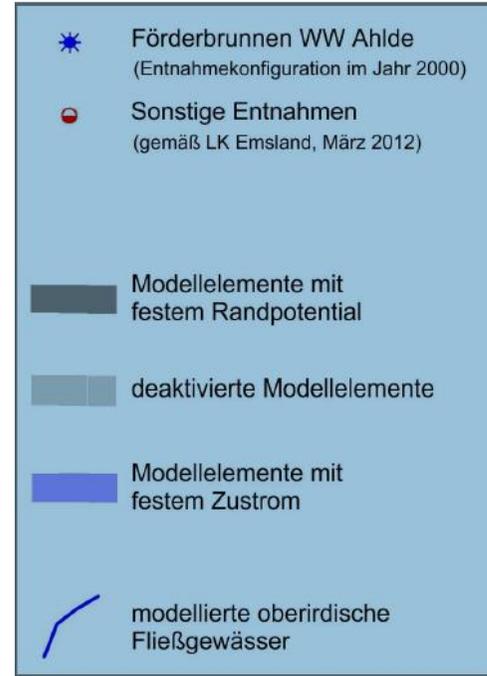
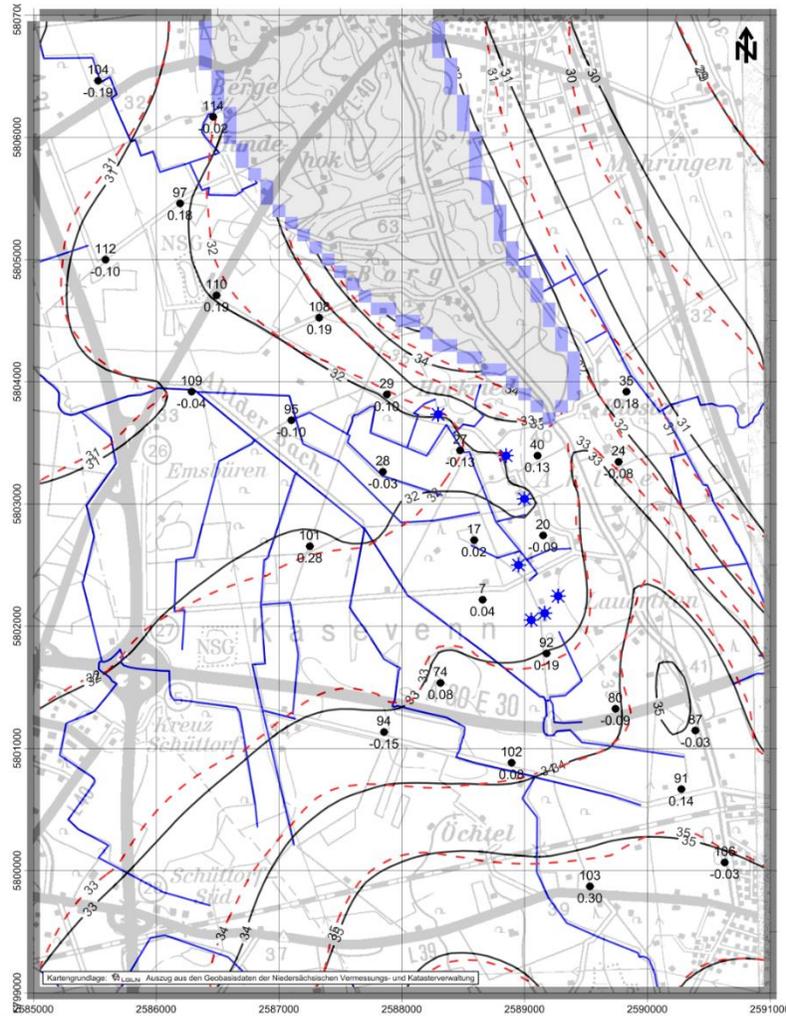
Wichtig:

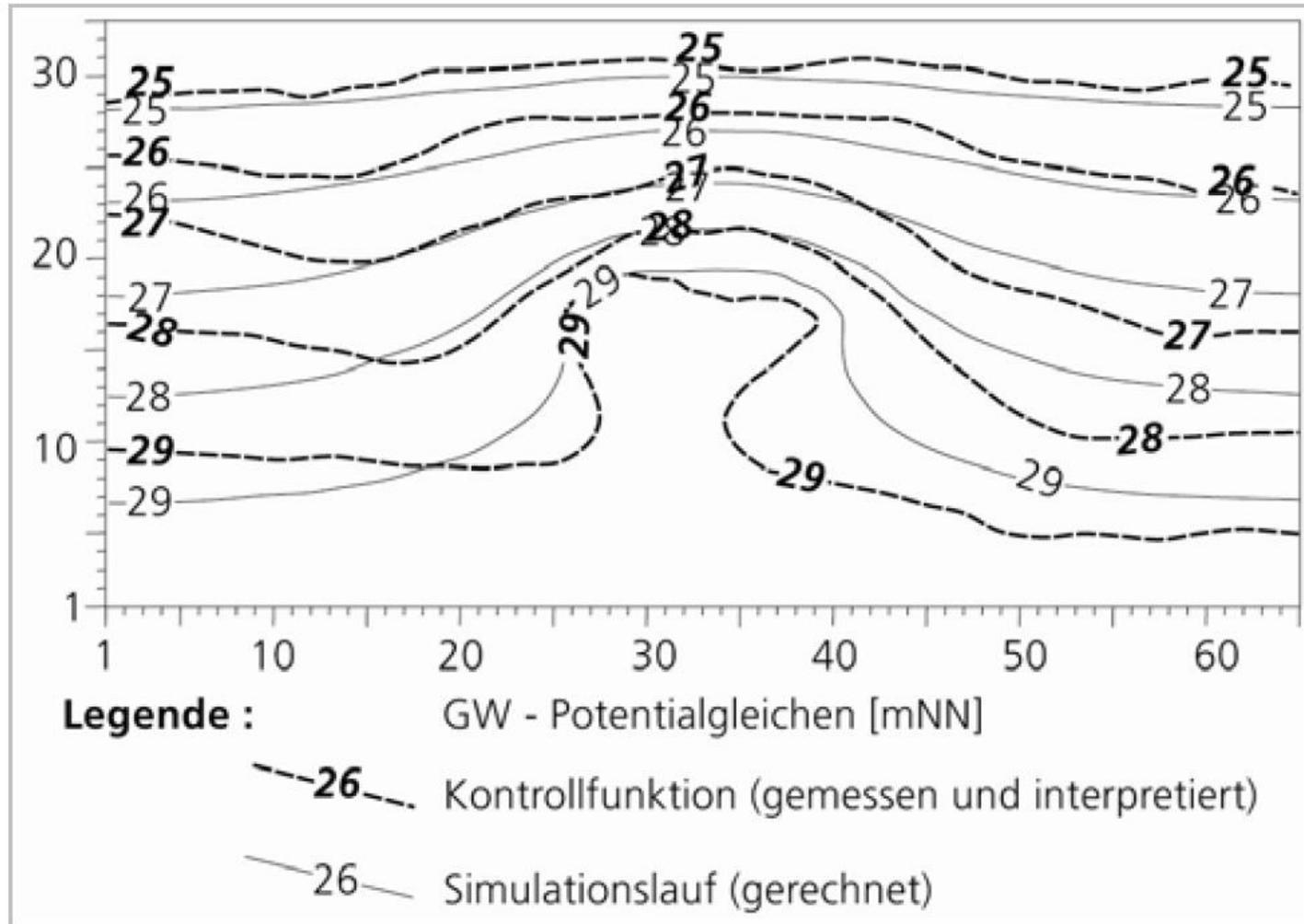
**Randbedingungen (GW-Neubildung, Randpotentiale) für JEDEN Zeitschritt.
Ergebnisse für jeden Zeitschritt.**

Abflüsse müssen zeitabhängig definiert werden (meist auf der Basis von Tageswerten).

Alle Maßnahmen müssen zeitabhängig als Randbedingungen beschrieben werden (Beginn, Ende, Ausprägung).



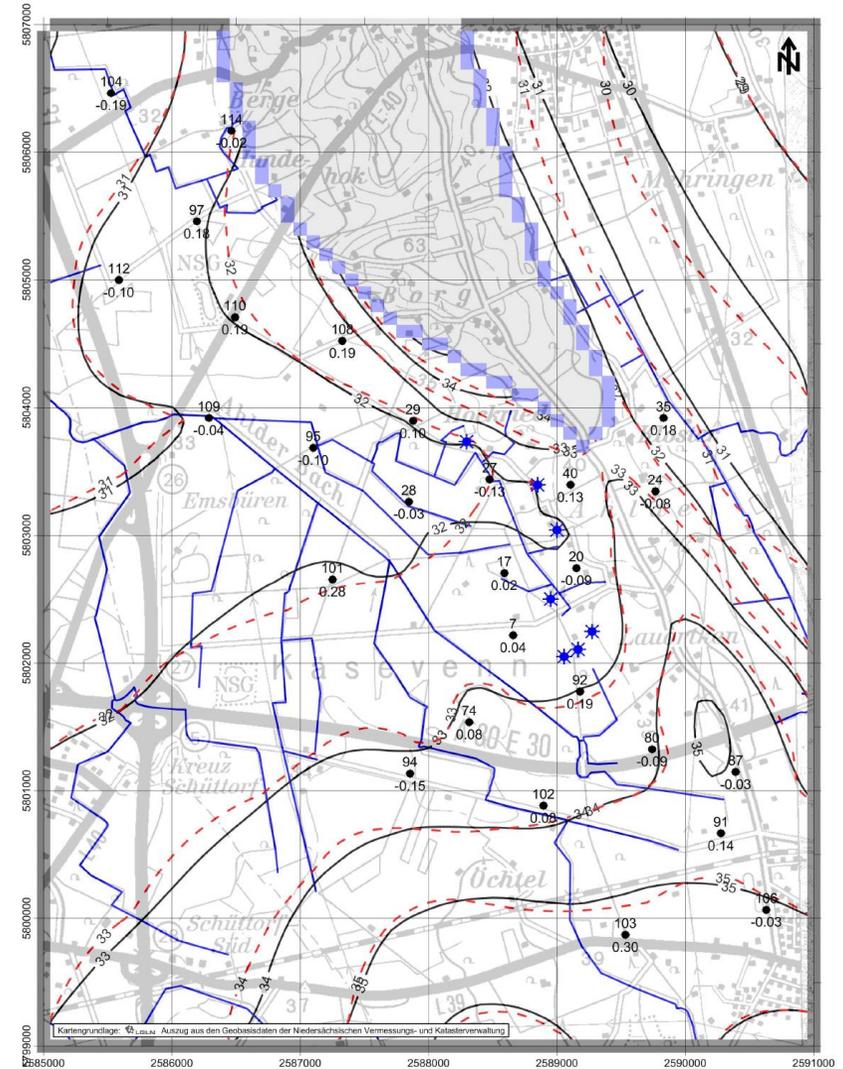




„Klima-Wasser-Kooperation zur Anpassung des Trinkwassergewinnungsgebietes Ahlde an den Klimawandel“ (KliWaKo)

Tab. A3: Vergleich gemessener und berechneter Grundwasserstände [mNN] an ausgewählten (Kontroll-)Messstellen im Modellgebiet (Lage siehe Karte 6)

1 Messstellen- Bezeichnung	2 MGW KJ 2000 [mNN]	3 MGW Berechnet [mNN]	4 Differenz 2 – 3 [m]	5 abs. Differenz 2 – 3 [m]
7	32,60	32,56	0,04	0,04
17	32,27	32,25	0,02	0,02
20	32,29	32,38	-0,09	0,09
24	32,76	32,84	-0,08	0,08
27	31,87	32,00	-0,13	0,13
28	31,75	31,78	-0,03	0,03
29	32,02	31,92	0,10	0,10
35	31,49	31,31	0,18	0,18
40	32,59	32,46	0,13	0,13
74	33,13	33,05	0,08	0,08
80	33,74	33,83	-0,09	0,09
87	34,83	34,86	-0,03	0,03
91	34,73	34,59	0,14	0,14
92	33,08	32,89	0,19	0,19
94	33,24	33,39	-0,15	0,15
95	31,32	31,42	-0,10	0,10
97	31,90	31,72	0,18	0,18



MATHEJACONSULT

Kalibrierung des Modells

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



MATHEJACONSULT

Dr.-Ing. Andreas Matheja
Königsberger Str. 5
30938 Burgwedel OT Wettmar

Telefon: 05139-402-799-0
Fax: 05723-402-799-8
email: kontakt@matheja-consult.de
www.matheja-consult.de

