

Martina Flörke

Bestimmung effektiver hydraulischer Parameter in heterogenen porösen Medien

Technische Universität Darmstadt
Bibliothek Wasser und Umwelt
Petersenstraße 13
D-64287 Darmstadt
Telefon 06151 / 163659
Fax 06151 / 163758

Bibliothek

INSTITUT FÜR WASSERBAU
UND WASSERWIRTSCHAFT
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
PETERSENSTR. 13, 64287 DARMSTADT
Tel. 0 61 51 / 16 21 43 · Fax: 16 32 43

Juv. - Nr.: 4296

KWM 13

KASSELER WASSERBAU – MITTEILUNGEN HEFT 13

Universität Kassel
Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
Leiter: Prof. Dr.-Ing. F. Tönsmann

Kassel, Oktober 2002

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
NOMENKLATUR	VIII
ABSTRACT	XII
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATUR	3
2.1 Effektive hydraulische Leitfähigkeit	3
2.2 Effektiver Speicherkoeffizient	13
3 LÖSUNGSSTRATEGIEN	19
3.1 Szenario 1	20
3.1.1 Geostatistisches Modell.....	20
3.1.2 Numerisches Strömungsmodell	24
3.1.3 3D-Auswertung der Absenkungen.....	26
3.1.4 Resümee	30
3.2 Szenario 2	30
3.2.1 Geostatistisches Modell.....	30
3.2.2 Numerisches Strömungsmodell	30
3.2.3 2D-Auswertung nach klassischen Methoden.....	32
3.2.4 Resümee	36
3.3 Szenario 3	44
3.3.1 Geostatistisches Modell.....	45
3.3.2 Numerisches Strömungsmodell	45
3.3.3 2D-Auswertung nach klassischen Methoden.....	49
3.3.4 Resümee	49
4 MODELLERGEBNISSE	50
4.1 Effektive hydraulische Leitfähigkeit	50

4.1.1	Fall 1: Unbegrenzter Aquifer	50
4.1.2	Fall 2: Begrenzter Aquifer	52
4.1.3	Fall 2: Auswirkungen auf die Bestimmung des effektiven Speicherkoeffizienten	55
4.1.4	Fall 2: Der Einfluss horizontaler Korrelationslängen	60
4.2	Effektiver Speicherkoefizient.....	61
4.2.1	Fall 1: Unbegrenzter Aquifer	61
4.2.2	Fall 2: Begrenzter Aquifer	64
4.2.3	Fall 2: Einfluss auf den Verlauf der Absenkungskurve.....	66
5	ANWENDUNGSBEISPIEL: HORKHEIMER INSEL	69
5.1	Einleitung	69
5.2	Vorstellung des Anwendungsbeispiels	69
5.2.1	Bohrungen und Messstellen	70
5.2.2	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	72
5.2.3	Statistik der räumlichen Verteilung der hydraulischen Leitfähigkeiten	74
5.3	Pumpversuche	75
5.3.1	Eigene Auswertung der Pumpversuche.....	76
5.3.2	Bestimmung des effektiven Speicherkoefizienten.....	78
5.4	Vergleich mit Statistik der räumlichen Verteilung	82
5.5	Diskussion der Ergebnisse	85
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	87
7	LITERATUR.....	92
A	ANHANG	A-1
INSERENTEN.....		XIII
PUBLIKATIONEN DES FACHGEBIETES		XIV

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 3.1: Schematische Darstellung des Modellgebiets, horizontaler Schnitt in Modellmitte	26
Abb. 3.2: Lage des Brunnens sowie ein Beobachtungsbrunnen mit verschiedenen Aufzeichnungspunkten.....	29
Abb. 3.3: Definition des REV (Representative Elementary Volume) nach Bear (1988).....	33
Abb. 3.4: Verlauf von Absenkung und erster Ableitung bei radialer Strömung.....	34
Abb. 3.5: Verlauf von Absenkung und erster Ableitung bei Erreichen von Rändern.....	35
Abb. 3.6: Verlauf von Absenkung und erster Ableitung bei Doppelporosität (ohne Berücksichtigung von Skin-Effekten im Brunnen)	35
Abb. 3.7: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 10$ m), $K_{\text{eff,innen}} > K_{\text{eff,außen}}$	37
Abb. 3.8: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 30$ m), $K_{\text{eff,innen}} > K_{\text{eff,außen}}$	38
Abb. 3.9: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 10$ m), $K_{\text{eff,innen}} = K_{\text{eff,außen}}$	39
Abb. 3.10: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 10$ m), $K_{\text{eff,innen}} < K_{\text{eff,außen}}$	40
Abb. 3.11: Schematische Darstellung der ersten Ableitungen bei „Doppel-Leitfähigkeit“	42
Abb. 3.12: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 10$ m), $S_{\text{eff,innen}} > S_{\text{eff,außen}}$	43
Abb. 3.13: Verlauf der Absenkung und ersten Ableitung ($r = 30$ m), $S_{\text{eff,innen}} > S_{\text{eff,außen}}$	44
Abb. 3.14: Darstellung des Einflusses von S auf das Erreichen von Modellrändern ($S_1 > S_2$, $K = \text{konstant}$)	46
Abb. 3.15: Darstellung des Einflusses von Q auf das Erreichen von Modellrändern ($Q_1 > Q_2$, $K = \text{konstant}$, $S = \text{konstant}$)	46
Abb. 3.16: Modelldiskretisierung, unbegrenztes Modell	48
Abb. 3.17: Modelldiskretisierung, begrenztes Modell	49
Abb. 4.1: Vergleich von Simulationsergebnissen und stochastischer Lösung	51

Abb. 4.2:	Ergebnisse für einen in horizontaler Richtung unbegrenzten und in vertikaler Richtung begrenzten Aquifer	53
Abb. 4.3:	Vergleich der Ergebnisse für einen unbegrenzten und begrenzten Aquifer ...	55
Abb. 4.4:	Auffächern der Absenkungskurven in einer Entfernung von $r = 30$ m	56
Abb. 4.5:	Bestimmung von S in einem begrenzten, heterogenen Medium ($\sigma_Y = 3$, $\lambda_w/\lambda_h = 0,1$)	57
Abb. 4.6:	Bestimmung von S in einem begrenzten heterogenen Aquifer ($\lambda_w/\lambda_h = 0,1$)	58
Abb. 4.7:	Bestimmung von S in einem heterogenen Aquifer mit $\sigma_Y = 0,5$, in Abhängigkeit von der stochastischen vertikalen Anisotropie ($e = \lambda_w/\lambda_h$).....	58
Abb. 4.8:	Bestimmung von S in einem heterogenen Aquifer mit $\sigma_Y = 2$, in Abhängigkeit von der stochastischen vertikalen Anisotropie ($e = \lambda_w/\lambda_h$).....	59
Abb. 4.9:	Auffächern der Absenkungskurven in einer Entfernung von $r = 30$ m ($\sigma_Y = 2$, $\lambda_w/\lambda_h = 0,1$ und $\lambda_w/\lambda_h = 0,75$)	60
Abb. 4.10:	Einfluss der horizontalen Korrelationslänge λ_h auf K_{eff} ($\sigma_Y = 0,5$; $\lambda_w = 1$)	61
Abb. 4.11:	Bestimmung effektiver Speicherkoeffizienten in einem unbegrenzten Aquifer.....	62
Abb. 4.12:	Vergleich effektiver Speicherkoeffizienten: Dagan (1979, 1982b) und Auswertung modellierter Pumpversuche.....	63
Abb. 4.13:	S_{eff} für einen in horizontaler Richtung unbegrenzten und in vertikaler Richtung begrenzten Aquifer.....	65
Abb. 4.14:	Vergleich der Ergebnisse für einen unbegrenzten und unbegrenzten Aquifer.....	66
Abb. 4.15:	s-förmiger Verlauf der Absenkungskurve im Brunnen.....	67
Abb. 5.1:	Lage des Naturmessfelds Horkheimer Insel (Schad 1997).....	70
Abb. 5.2:	Lageplan der Grundwassermessstellen auf dem Gelände Horkheimer Insel (Schad 1997), modifiziert.....	71
Abb. 5.3:	Ausbauvarianten der Grundwassermessstellen und Piezometer (Schad 1997).....	72
Abb. 5.4:	Geologischer Querschnitt auf dem Gelände Horkheimer Insel (Schad 1997).....	73
Abb. 5.5:	Vergleich der Ergebnisse der Pumpversuche für die Horkheimer Insel	78

Abb. 5.6:	Ermittelte Speicherkoeffizienten der einzelnen Pumpversuche im Nordbereich.....	79
Abb. 5.7:	Bestimmung des effektiven Speicherkoeffizienten im Nordbereich.....	80
Abb. 5.8:	Ermittelte Speicherkoeffizienten der einzelnen Pumpversuche im Südbereich.....	81
Abb. 5.9:	Bestimmung des effektiven Speicherkoeffizienten im Südbereich.....	81
Abb. 5.10:	Verlauf der beobachteten Absenkungen bei dem Pumpversuch in P10	82
Abb. 5.11:	Verlauf der beobachteten Absenkungen bei dem Pumpversuch in P41	83
Abb. 5.12:	Vergleich der ermittelten effektiven Transmissivitäten	84

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1:	Standardabweichungen und Korrelationslängen aus Feldversuchen.....	22
Tab. 5.1:	Hydraulische Leitfähigkeiten aus Labor- und Feldversuchen auf dem Gelände Horkheimer Insel (Schad 1997)	74
Tab. A.1:	Ergebnisse der Pumpversuche im Nordbereich des Geländes Horkheimer Insel.....	A-21
Tab. A.2:	Ergebnisse der Pumpversuche im Südbereich des Geländes Horkheimer Insel	A-22