

Ermittlung der Sickerwasserrate in der Kremser Bucht anhand des Einschicht-Bilanzmodells

G. ORTNER

Abstract

Mainly due to its simplicity the groundwater recharge emanating from infiltrating precipitation was calculated by the simple bucket model for the area of the Kremser Bucht in Lower Austria. The high water-holding capacity of the soils, the low precipitation values and the for a high groundwater replenishment unfavourable distribution of the precipitation result in very low groundwater recharge values. An areal weighted groundwater recharge rate of 1,6 mm/a respectively of 0,051 l/s/km² was calculated.

Einleitung

Das Einschicht-Bilanzmodell stellt ein häufig angewandtes Verfahren zur Bestimmung der Sickerwasserrate, d.h. der Grundwasserneubildungsrate aus infiltrierenden Niederschlägen (im folgenden

kurz als Grundwasserneubildungsrate bezeichnet) dar (z.B. FANK, 1999). Darauf aufbauend findet es beispielsweise bei Fragen des Schadstofftransfers aus Böden Richtung Grundwasser (z.B. MAIDL und BRUNNER, 1998 oder STICKSEL, 1994) oder bei Fragen der Dimensionierung von Rekultivierungsschichten (BORG, 1998) etc. Anwendung. Die Vorzüge der Methode liegen vor allem im relativ leichten Zugang zu den notwendigen Inputparametern sowie deren Parametrisierung. So kommt dieses Berechnungsverfahren ohne Bestimmung der Wasserleitfähigkeit und der Saugspannung aus. Aus diesen Gründen sowie aus Kostenüberlegungen kam dieses Modell in der Kremser Bucht zum Einsatz, wo die Sickerwasserrate als Randbedingung in eine instationäre Grundwassermodellierung eingehen wird.

Naturräumliche Rahmenbedingungen

Das Untersuchungsgebiet der Kremser Bucht reicht von Krems im Westen bis zur Linie Altenwörth-Kirchberg am Wagram im Osten (siehe *Abbildung 1*). Im Süden bilden die Donau und im Norden der Große Wagram, d.h. der Übergang von der Nieder- zur Hochterrasse die Grenzen. Im Bereich der Hochterrasse überlagern mächtige Lössdecken, im Bereich der Niederterrasse 0,3 - 2,0 m mächtige sandig-lehmig-tonige und im Aubereich lehmig-sandige Deckschichten unterschiedlicher Mächtigkeit den Schotterkörper (BUNDESANSTALT für BODENWIRTSCHAFT, 1974 und 1979). Das Gebiet wird von der Krems, dem Kamp und dem Mühlkamp Richtung Donau entwässert. Grundwasser ist auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen zumeist erst in größeren bodenkundlich

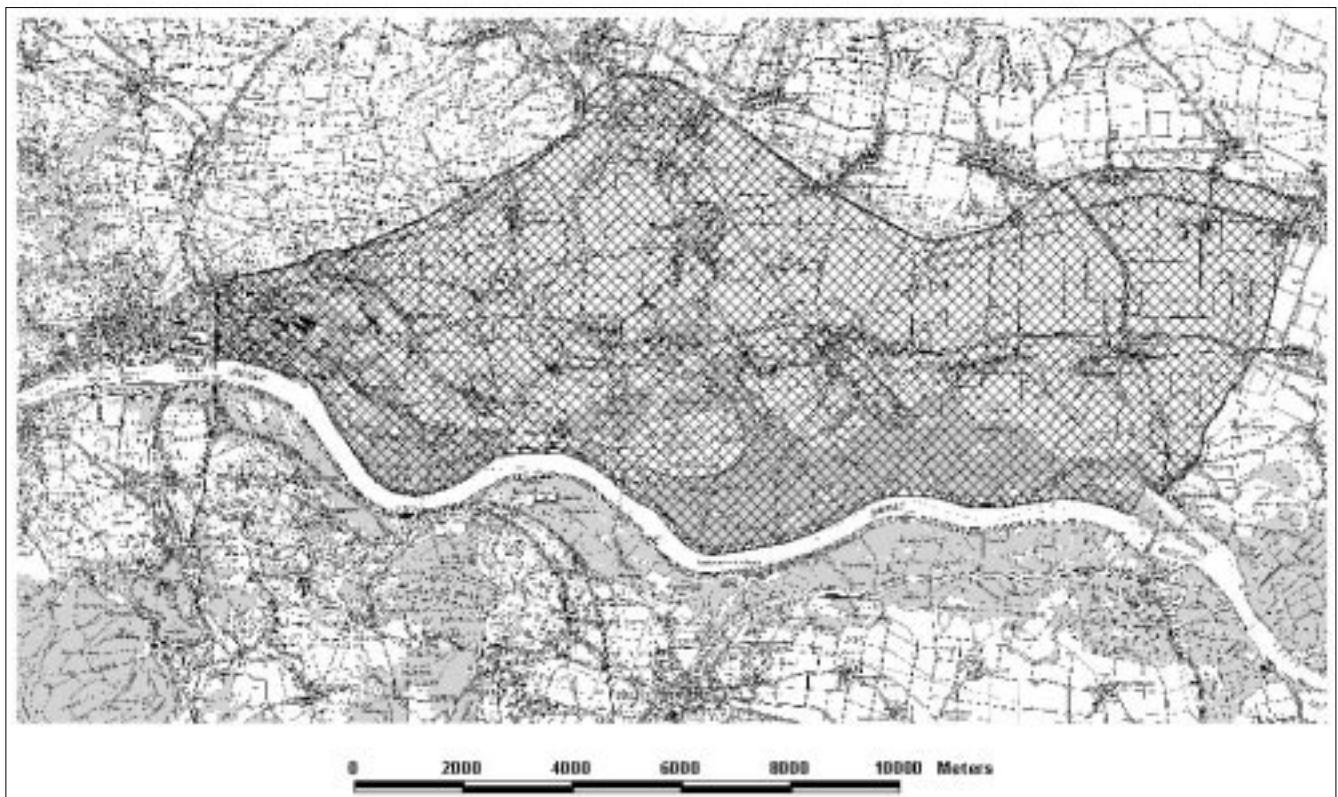


Abbildung 1: Projektgebiet - Kremser Bucht

Autor: Dipl.-Ing. Gerlinde ORTNER, Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Elisabethstraße 16/II, A-8010 GRAZ

Tabelle 1: Niederschläge und Lufttemperaturen der Klimastation Krems (mittlere Monats- und Jahressummen der Jahre 1961-1990)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Niederschläge (mm)												
20	25	28	40	62	81	75	62	45	26	34	24	522
Lufttemperatur (°C)												
-1,2	0,8	4,6	9,5	14,2	17,5	19,3	18,4	14,7	9,3	4,1	0,5	9,3

nicht mehr relevanten Tiefen (> 3 m) anzutreffen. Klimatisch gesehen ist die Kremser Bucht stark kontinental geprägt. Das langjährige Jahresmittel (1961 - 1990) des Niederschlages der Klimastation Krems liegt nach den Angaben des HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES IN ÖSTERREICH (1994) bei 522 mm, das der Temperatur bei 9,3 °C.

An landwirtschaftlich genutzten Böden dominieren Tschernoseme mit einem Anteil von etwa 50 %, gefolgt von Grauen Auböden mit etwa 30 %. Der Rest verteilt sich auf Paratschernoseme, Feuchtschwarzerden und Braune Auböden.

Methodik

Mit dem Einschicht-Bilanzverfahren, das auf der vereinfachten Form der Wasserhaushaltsgleichung ($I_g = P_i - Et_p \pm \Delta S$) beruht, wurde zunächst auf Tagesbasis aus dem Niederschlag (P_i) und der nach HAUDE berechneten Evapotranspiration (Et_p) die Klimatische Wasserbilanz ($P_i - Et_p$) berechnet. Anschließend erfolgte

te die Ableitung der Sickerwassermenge (I_g) unter Berücksichtigung der Bodenwasservorratsänderung (ΔS). Der Simulationsbeginn wurde im Herbst beim Permanenten Welkepunkt angesetzt. Bei negativer Wasserbilanz sinkt der Bodenwasservorrat, bei positiver steigt der Bodenwasservorrat. Wird in letzterem Fall die nutzbare Feldkapazität überschritten, betrachtet man die darüber hinausgehende Wassermenge als abfließendes Sickerwasser. Die nutzbare Feldkapazität wurde für landwirtschaftlich genutzte Böden aus den Angaben in den Kartierungsberichten der österreichischen Bodenkartierung nach den Tabellenwerken von AG BODEN (1994), EISENHUT und KAPFENBERGER-POCK (1993) und MÜLLER (1997) abgeleitet. Die Berechnungen basieren auf Ackernutzung mit Wintergetreide als Hauptfruchtart. Zur Ermittlung flächenbezogener Daten wurden die Bodenkarten in ein geografisches Informationssystem (ArcView) aufgenommen.

Datenquellen

Die zur Ableitung der nutzbaren Feldkapazität notwendigen Bodenkennwerte wurden den Kartierungsberichten der Österreichischen Bodenkartierung (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1974 und 1979) entnommen. Als Klimadaten wurden für den Bilanzierungszeitraum 1992 bis 2000 die Werte der Klimastation Krems an der Donau der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik herangezogen. Landnutzungsdaten gehen auf die Agrarstrukturhebung 1995 des Österreichischen Statistischen Zentralamtes zurück.

Ergebnisse

Nutzbare Feldkapazität

Die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum variiert im Erhebungsgebiet gemäß *Tabelle 2* zwischen 89 und 380 mm. Flächenmäßig dominieren bei Zugrundelegung der Klassifikation nach AG BODEN (1994) mit einem Anteil von 40 % an der bewerteten Fläche (vergleiche *Abbildung 2*) Böden mit sehr hoher nutzbarer Feldkapazität (> 300 mm). Ein Drittel der Fläche nehmen Böden mittlerer nutzbarer Feldkapazität (140 - 220 mm) ein. Böden hoher nutzbarer Feldkapazität (220 - 300 mm) sind mit etwa 20 % und Böden geringer nutzbarer Feldkapazität (60 - 140 mm) mit

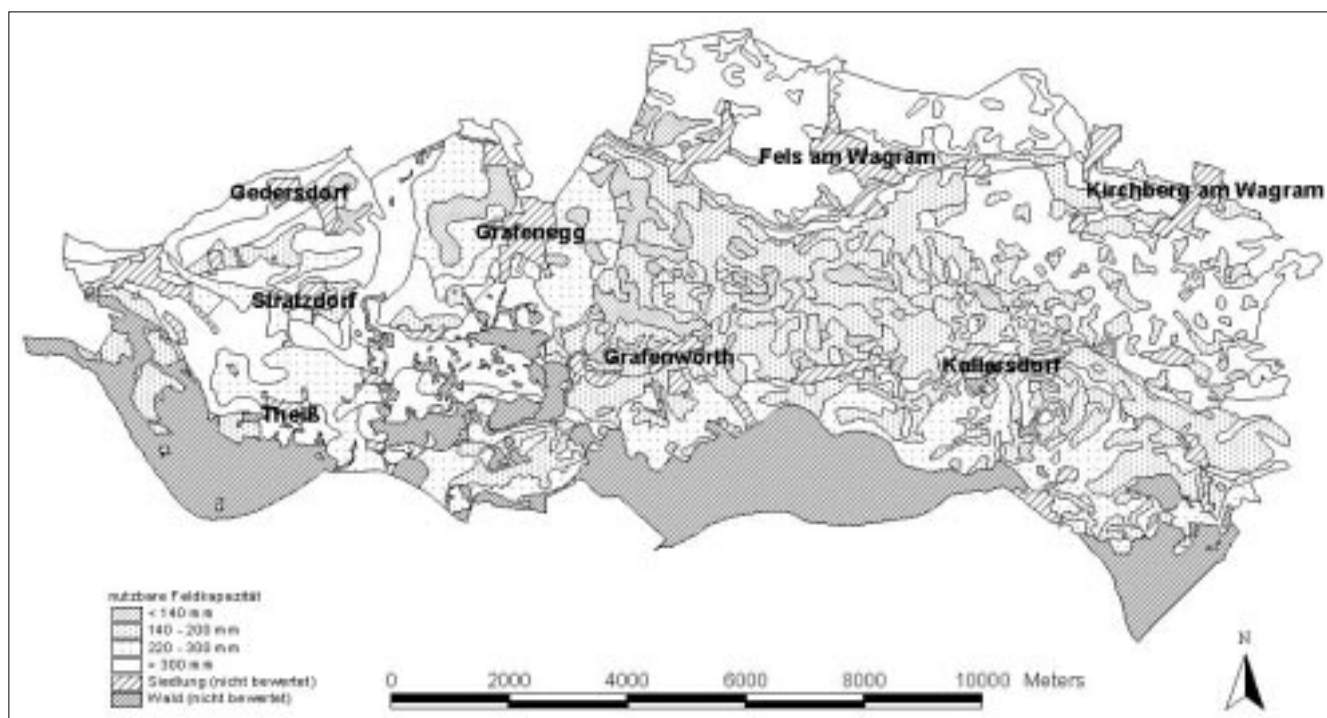


Abbildung 2: Nutzbare Feldkapazitäten der Böden im Bereich der Kremser Bucht

Tabelle 2: Nutzbare Feldkapazitäten im effektiven Wurzelraum der Böden der Kremser Bucht und resultierende mittlere jährliche Grundwasserneubildungsraten (GWNB)

Profilnr.*	KB**	Bodentyp	nFK (mm)***	mittl. GWNB (mm/a)****	Profilnr.**	KB**	Bodentyp	nFK (mm)***	mittl. GWNB (mm/a)****
19	1	Paratschernosem	89	22	3	2	Grauer Auboden	227	0
23	1	Feuchtschwarzerde	96	19	6	1	Grauer Auboden	228	0
15	1	Tschernosem	97	18	1	1	Grauer Auboden	233	0
34	1	Tschernosem	110	13	14	2	Feuchtschwarzerde	263	0
12	2	Paratschernosem	111	12	5	2	Grauer Auboden	267	0
1	2	Grauer Auboden	127	8	13	2	Paratschernosem	272	0
11	2	Tschernosem	138	6	13	1	Tschernosem	279	0
3	1	Grauer Auboden	139	6	10	2	Tschernosem	303	0
8	2	Tschernosem	143	5	7	2	Brauner Auboden	317	0
22	1	Feuchtschwarzerde	151	4	30	1	Tschernosem	319	0
2	1	Grauer Auboden	151	4	32	1	Tschernosem	323	0
18	1	Paratschernosem	154	4	11	1	Tschernosem	329	0
10	1	Tschernosem	166	2	4	2	Grauer Auboden	342	0
38	1	Tschernosem	179	0	29	1	Tschernosem	359	0
17	1	Paratschernosem	211	0	28	1	Tschernosem	365	0
5	1	Grauer Auboden	213	0	9	2	Tschernosem	365	0
4	1	Grauer Auboden	215	0	28	2	Kolluv. Lößmaterial	367	0
2	2	Grauer Auboden	216	0	6	2	Brauner Auboden	373	0
12	1	Tschernosem	218	0	46	1	Kulturrohboden	380	0
9	1	Tschernosem	219	0					

* : Bodenformnummer nach Österreichischer Bodenkartierung
 ** : KB = Kartierungsbereich (1 = Kirchberg am Wagram; 2 = Krems an der Donau)
 *** : Nutzbare Feldkapazität (nFK) im effektiven Wurzelraum
 **** : Mittlere jährliche Grundwasserneubildungsraten (GWNB) der Jahre 1993-1999

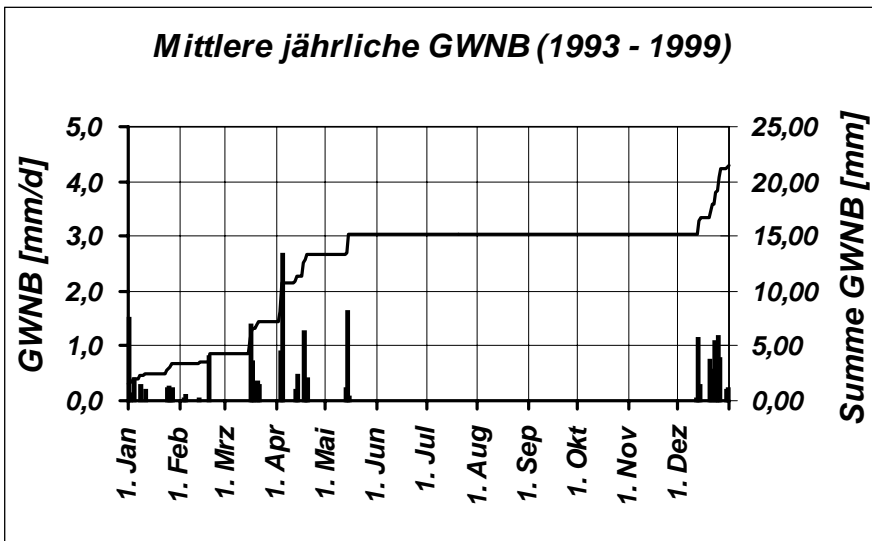


Abbildung 3: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung (mm) auf Böden einer nutzbaren Feldkapazität von 89 mm

circa 6 % vertreten. Der Anteil nicht bewerteter Flächen (Wald und Siedlungsräume) beläuft sich auf etwas mehr als 20 %.

Grundwasserneubildungsrate

Im Untersuchungsraum treten aufgrund der vergleichsweise hohen Wasserspeicherfähigkeit der Böden sowie der geringen Niederschläge und der für eine hohe Sickerung ungünstigen Niederschlagsverteilung sehr geringe Grundwasserneubildungsraten auf.

Die mittlere jährliche Sickerwasserrate variiert gemäß Tabelle 2 je nach nutzbarer Feldkapazität zwischen 0 und 22 mm/a. Letztere wird bei einer nutzbaren Feldkapazität von 89 mm erreicht (vergleiche Abbildung 3).

Der Anteil an Böden mit einer Grundwasserneubildungsrate von mehr als

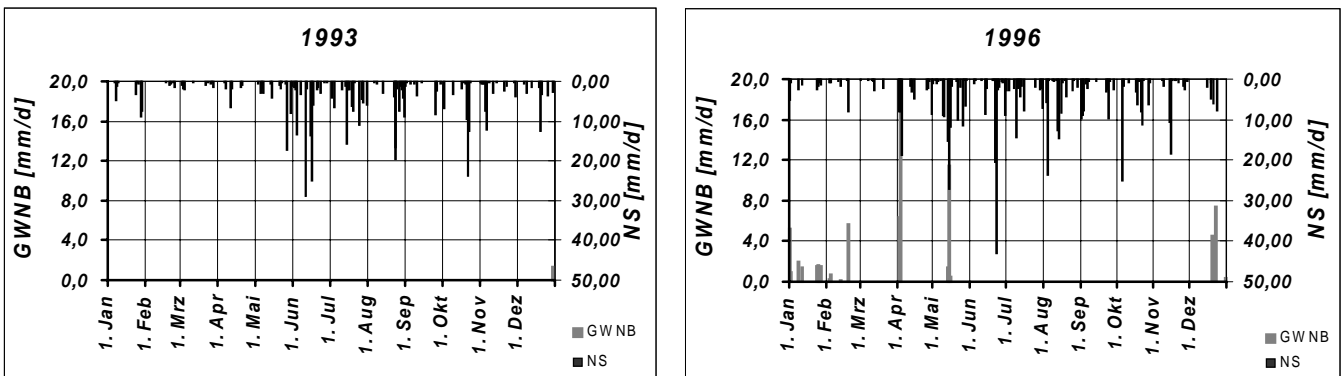


Abbildung 4: Tageswerte der Grundwasserneubildung (mm) auf Böden einer nutzbaren Feldkapazität von 89 mm der Jahre 1993 und 1996

Tabelle 3: Flächengewichtete Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von der nutzbaren Feldkapazität und Teilflächengröße

Nr.	Teilfläche nFK (mm)	Größe (ha)	Σ der GWNB der Jahre 1993-1999 mm	Σ der GWNB der Jahre 1993-1999 auf Teilfläche l	GWNB auf Teilfläche l/s	GWNB l/s/km ²
1	89	13,1	150	19644450	0,09	0,68
2	96	229,6	130	298492350	1,35	0,59
3	97	97,3	127	123607830	0,56	0,58
4	110	74,2	88	65317208	0,30	0,40
5	111	25,7	85	21859960	0,10	0,39
6	127	9,4	53	4967796	0,02	0,24
7	138	126,5	42	53138148	0,24	0,19
8	139	37,8	41	15495663	0,07	0,19
9	143	124,7	37	46122720	0,21	0,17
10	151	799,8	29	231941246	1,05	0,13
11	154	505,5	26	131429662	0,60	0,12
12	166	723	14	101225628	0,46	0,06
13	179	98,5	1	985170	0,004	0,005
14	>179	7079,3	0	0	0,00	0,00
Summe		9944,4		1114227831		

Flächengewichtete GWNB der Periode 1993-1999 in mm: 11,2
 Flächengewichtete GWNB in mm/a: 1,6
 Flächengewichtete GWNB in l/s/km²: 0,051

20 mm liegt bezogen auf den landwirtschaftlich genutzten Bereich unter einem Prozent. Bei der in der Kremser Bucht auftretenden geringsten nutzbaren Feldkapazität von 89 mm schwanken die Grundwasserneubildungsraten beim Vergleich der Jahressummen zwischen einem Minimum von 1 mm im Jahr 1993 und einem Maximum von 72 mm im Jahr 1996 (siehe *Abbildung 4*). Die Obergrenze der Sickerwasserbildung liegt entsprechend *Tabelle 2* bei einer nutzbaren Feldkapazität von 179 mm.

Die Summe der Grundwasserneubildung für den Zeitraum 1993 bis 1999 variiert je nach nutzbarer Feldkapazität gemäß *Tabelle 3* zwischen 0 und 150 mm.

Flächengewichtete Grundwasserneubildung in der Kremser Bucht

Die flächengewichtete Umsetzung der errechneten Grundwasserneubildungsraten auf das Gesamtausmaß der landwirtschaftlich genutzten Böden in der Höhe von 9.944 ha ergibt einen Wert von nur 11,2 mm als Summe der Jahre 1993 bis 1999 (vergleiche *Tabelle 3*). Umgerechnet auf ein Jahr kommt es in der Kremser Bucht im Mittel zu einer Sickerwasserbildung von 1,6 mm.

Diskussion

Bei Anwendung des Einschicht-Bilanzmodells ergibt sich für die Kremser Bucht eine sehr geringe Grundwasserneubildungsrate. Es erhebt sich die Frage der Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Dazu kann zur Zeit nur auf publizierte Arbeiten zurückgegriffen werden, die einen Vergleich zwischen dem Einschicht-Bilanzmodell und anderen Methoden zur Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate angestellt haben. FANK (1999) fand sowohl im zeitlichen Verlauf als auch in den Absolutmengen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Einschicht-Bilanzmethode, einer numerischen Bodenwasserhaushaltsmodellierung und Kleinlysimetermessungen. Er führt weiter aus, dass die zeitliche Entwicklung der Neubildung durch dieses Modell (Einschicht-Bilanzmodell) jedenfalls gut nachbildbar ist, was vor allem für die Parameterentwicklung bei einer Übertragung auf größere Flächeneinheiten von Bedeutung ist. Auch BORG (1998) fand in seiner angestellten Validierung des Einschicht-Bilanzmodells eine gute Übereinstimmung mit Lysimeterergebnissen. Zu überprüfen bleibt der große Unterschied zu den von CEPUDER et al. (1997) in ihrer Statusanalyse Tullnerfeld mittels dem Simulationsmodell EPIC errechneten Grundwasserneubildungsraten, die jene dieser Arbeit um ein Vielfaches übersteigen.

Literatur

AG BODEN, 1994: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
 BORG, H., 1998: Eintrag von Niederschlagswasser in eine Deponie in Abhängigkeit vom Aufbau der Rekultivierungsschicht: Ergebnisse aus

Wasserhaushaltsrechnungen. Martin-Luther-Universität, Halle

BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1974: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000, Kartierungsbereich Kirchberg am Wagram. Wien

BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1979: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000, Kartierungsbereich Krems an der Donau. Wien

CEPUDER, P., M. TULLER, B. SCHWEIGHOFER, H. MÜLLER, E. KORTSCHAK, P. LIEBHARD, H. HAGER, S. HUBER und R. HABERL, 1997: Statusanalyse Tullnerfeld. Universität für Bodenkultur, Wien

EISENHUT, M. und A. KAPFENBERGER-POCK, 1993: Auswertung der österreichischen Bodenkarte 1:25.000 für die Ermittlung der Nitrataustragsgefährdung von Böden. Mitt. der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 46

FANK, J., 1999: Die Bedeutung der ungesättigten Zone für Grundwasserneubildung und Nitratbefrachtung des Grundwassers in quartären Lockersediment-Aquiferen am Beispiel des Leibnitzer Feldes (Steiermark, Österreich). Sonderdruck aus Beiträge zur Hydrogeologie, Bd. 49/50, Graz

HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH, 1994: Die Niederschläge, Schneesverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1981 - 1990. Hrsg: Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien

MAIDL, F.X. und H. BRUNNER, 1998: Strategien zur gewässerschonenden Landbewirtschaftung in Bayern. KTBL-Arbeitspapier 252, Darmstadt

MÜLLER, U., 1997: Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Hrsg: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

STICKSEL, E., 1994: Experimentelle Untersuchungen und Modellrechnungen zum boden- und nutzungsbedingten Nitrataustrag in einem Trinkwasserschutzgebiet. Dissertation TU München